

SUPPLEMENTO

AL VOLUME XI, SERIE X, DEL

NUOVO CIMENTO

A CURA DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

1959

1° Trimestre

N. 3

RENDICONTI

DEI LAVORI SCIENTIFICO-ORGANIZZATIVI E SCIENTIFICI (*)

PRESENTATI AL

XLIV CONGRESSO NAZIONALE

DELLA

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

PALERMO, 6-11 NOVEMBRE 1958

INDICE

G. POLVANI - Discorso inaugurale	pag. 318
M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA, G. CORAZZA, G. CORTELESSA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, A. MASSAROTTI, G. C. MONETI, G. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLIESI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, R. TOSCHI e A. TURRIN - Sulla situazione dei lavori per l'Elettrosincrotrone Italiano da 1200 MeV e sul programma di ricerche.	» 324
C. SALVETTI - Il Centro Nazionale per le Ricerche Nucleari di Ispra	» 345
G. FRANCO - Lavori di costruzione del reattore Ispra-I	» 361
A. CACCIARI - La metallurgia dell'uranio presso il Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari.	» 366
M. CONVERSI - Le calcolatrici elettroniche ed il Centro di Pisa.	» 376
A. CARACCILOLO ed E. FABRI - I criteri di progettazione logica della calcolatrice elettronica del Centro Studi Calcolatrici Elettroniche di Pisa	» 397
B. RISPOLI - Attività del Centro di Coordinamento Elettronica del C.N.R.N.	» 405
M. SANTANGELO - L'attività del Comitato Regionale Ricerche Nucleari della Sicilia	» 413
F. IPPOLITO - Il programma nucleare italiano dopo la seconda Conferenza di Ginevra	» 419
Sunti delle Comunicazioni presentate al Congresso	» 430

(*) La prolusione al Congresso, tenuta dal prof. P. CALDIROLA e i *Rendiconti* dei lavori relativi a questioni scolastiche e didattiche presentate al Congresso sono stati pubblicati nel fascicolo 4, Vol. I, del *Giornale di Fisica*.

Discorso inaugurale.

G. POLVANI

Presidente della Società Italiana di Fisica

Quando, due anni fa, alla riunione di Torino si parlò di tenere il Congresso Nazionale di Fisica del 1958 a Palermo, ricordo con quanto entusiasmo fu accolta e approvata la proposta fatta dal prof. SANTANGELO. Dopo tanti Congressi nazionali e internazionali in Italia settentrionale e centrale, imposti in gran parte o da precedenti richieste o da ricorrenze centenarie; dopo la simpatica evasione dal continente in Sardegna a Cagliari, finalmente ecco Palermo, ecco la Sicilia con le sue incomparabili bellezze, con la sua più che bimillenaria tradizione culturale, con le sue moderne attività regionali, con la sua forte volontà di fare e di affermarsi.

All'entusiasmo tra i fisici di tutta Italia per la decisione presa, corrispose quello dell'Istituto di Fisica di Palermo, dell'Università, della Città, della Regione. Veramente commoventi sono state la premura e la sollecitudine con le quali tutti qui ci sono venuti incontro, confermando così quella tradizione di larga e generosa ospitalità che tanto nobilita questa nostra terra d'Italia, dove si succedettero e si fusero in un comune fondo — non ultima ragione della sua fortuna — la civiltà greca, la romana, l'araba, la normanna, corrispondentemente alle tre vie che per mare si aprono dai lati del suo triangolo verso la Grecia, l'Africa, Roma, e all'unica che per terra attraverso lo stretto l'unisca direttamente a tutto il resto d'Europa.

E a questa terra, che a me, ragazzo appariva, per i racconti uditi dai molti e, nonostante più che quarant'anni trascorsi, indimenticati compagni della Scuola Normale Superiore di Pisa, per il loro cantare in Lungarno la « Picciuttedda de la Conca d'Oro » o il declamare il Meli; appariva — dico — terra di sogno, oggi mi è lieto poter porgere e con essa a Palermo in particolare, il mio più affettuoso saluto insieme con quello di tutti i fisici qui convenuti, tra cui, ciò che è molto simpatico, non pochi stranieri.

E con il saluto, l'espressione di gratitudine per tutto quello che è stato

fatto o dato perchè questo Congresso riesca degno della nostra Scienza, della Città ospitale e della nostra Società.

Ma da questo mio discorso generico occorre che io discenda a nominare singole persone e singoli enti, non fosse altro perchè sono tanti e tante che certo moltissimi dei Congressisti e forse anche non pochi dei palermitani non sanno o possono immaginare.

Il nominare obbliga per necessità a un certo ordine; ma vorrei accolta questa mia dichiarazione: l'ordine è puramente convenzionale, chè tutti il nostro affetto ugualmente raccoglie e ugualmente unisce insieme.

In sede nazionale ricorderò sua Eccellenza il Ministro della Pubblica Istruzione, prof. ALDO MORO, che tanto da vicino, attraverso le Direzioni Generali dell'Istruzione Superiore, dell'Istruzione Media Classica e Tecnica e attraverso i direttori generali dott. MARIO DI DOMIZIO, EMILIO PRISINZANO, ALEARDO SACCHETTO, ha seguito con grande interesse la parte didattica dell'organizzazione del Convegno, dolente — come avete sentito, di non poter partecipare di persona —; sua Eccellenza il prof. FRANCESCO GIORDANI, Presidente dell'Accademia dei Lincei e del C.N.R., che avrebbe dovuto tenere il discorso inaugurale parlando della Ricerca fisica in Italia e che per gravi ragioni di salute ne è stato impedito: a lui ho inviato, sicuro di interpretare i sentimenti di tutti i fisici italiani, un telegramma di affettuoso augurio: e qui prendo ora occasione per porgere al prof. CALDIROLA una viva espressione di ringraziamento per essersi sobbarcato, con i suoi «idoli» della fisica moderna, a pronunciare il discorso d'apertura; il Senatore prof. BASILIO FOCACCIA, Presidente del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari e il Segretario Generale prof. FELICE IPPOLITO; quegli impossibilitato a intervenire, questi relatore sul programma nucleare italiano dopo la 2ª Conferenza di Ginevra; e infine il Comitato Nazionale per la Fisica del C.N.R. e il suo Presidente prof. ELIGIO PERUCCA.

In sede locale, la Regione Siciliana nella figura del passato Presidente, prof. on. GIUSEPPE LA LOGGIA, col quale avemmo or più di un anno i primi colloqui orientativi, e dell'attuale Presidente avv. on. SILVIO MILAZZO; il Presidente dell'Assemblea Regionale avv. on. GIUSEPPE ALESSI; Sua Eccellenza il prefetto passato, dott. GIUSEPPE MIGLIORE che buon conoscitore della città ci fu largo di consiglio e di appoggio; l'Amministrazione Provinciale e il suo Presidente prof. CASCIO ROCCA; il Comune di Palermo e per esso il Sindaco dott. SALVO LIMA; l'Università di Palermo col suo Magnifico Rettore prof. TOMASO AIELLO che in mille guise, con sovvenzioni particolari alla Società e con lavori speciali all'Istituto di Fisica — in particolare con la costruzione della nuova bellissima aula su progetto, indovinatissimo, dell'architetto prof. GIUSEPPE CARONIA e attuazione da parte della Ditta Puleo e Bentley — si è adoperato alla buona riuscita di questo Congresso, attuando ed ampliando quei provvedimenti e quelle provvidenze che già il suo predecessore, il compianto Rettore prof. LAURO CHIAZZESE, aveva accolto dalle nostre richieste; il comm.

ARTURO CASSINA che con generoso atto ha voluto provvedere alla sistemazione del viale che recinge l'Istituto di Fisica; il Comitato Regionale per le Ricerche Nucleari, con il suo Presidente che è lo stesso avv. SILVIO MILAZZO, che sopra ho nominato, e particolarmente col suo Vicepresidente, il prof. MARIANO SANTANGELO; l'Istituto di Fisica dell'Università col suo Direttore, che è lo stesso prof. SANTANGELO. Nè va dimenticato — in questo campo più strettamente legato alla cultura, il Museo Nazionale di Palermo, e il suo Direttore, la prof. IOLE MARCONI; mentre nel campo industriale e commerciale mi è gradito ricordare, per gli aiuti finanziari dati, l'Istituto Regionale per il Finanziamento dell'Industria in Sicilia e per esso il suo Presidente, on. ing. CLAUDIO MAIORANA; la Società Generale Elettrica Siciliana col suo Presidente prof. GIROLAMO IPPOLITO; la Società Termoelettrica Siciliana col suo Presidente ing. EMANUELE FRANCO; la Società Chimica Arenella col suo Direttore dott. MANFREDI FENICI; e la Esso Standard Italiana col suo Sovrintendente per la Sicilia comm. FRANCESCO PAOLO CORDONE.

Nel campo degli Istituti di Credito la Banca Nazionale del Lavoro col Direttore comm. PIETRO BARONE, il Banco di Sicilia col suo Presidente il Cavaliere del lavoro CARLO BAZAN; la Cassa di Risparmio di Palermo col suo Presidente prof. GASPARE CUSENZA; la Banca Commerciale Italiana col Direttore dott. NICOLÒ BORSELLINO.

Nel campo infine del Turismo l'Ente Provinciale per il Turismo per la Provincia di Palermo e il suo Presidente, il barone GIOVANNI AGNELLO DI RAMATA; l'Ufficio Comunale per il Turismo e l'Assessore ad esso preposto dott. PAOLO BEVILACQUA; l'Azienda Autonoma del Turismo e il suo Presidente comm. RAIMONDO GUARDIONE; la CIT di Palermo, e il suo Direttore, la quale con infinita pazienza e perizia ha cercato di contentare tutti i Congressisti che ad essa si rivolgevano, anche al di fuori di ogni limite di tempo, per le prenotazioni; e sempre in questo campo vogliamo ricordare la Direzione del Compartimento delle Ferrovie dello Stato e il suo Capo ing. EMANUELE FRANCO. Inoltre, esulando da Palermo ad Agrigento, il Sindaco di Agrigento dott. ANTONINO DI GIOVANNI; la Sovrintendenza alle Antichità di Agrigento con il suo Sovrintendente prof. GRIFFO; e infine l'Ente Provinciale per il Turismo nella Provincia di Agrigento e il suo Presidente dott. ENZO LAURETTA.

A tutti gli enti che ho ricordato, a tutti i rispettivi presidenti, direttori, reggitori in una parola, che ugualmente ho nominato va l'espressione della più viva riconoscenza della Società Italiana di Fisica, per l'aiuto, morale, finanziario o altro che sia, da essi dato.

Ma fra tutti un nome è particolarmente da ricordare e additare come quello di chi, per così dire, impersona veramente il Congresso: ed è il prof. SANTANGELO Segretario generale, che si è prodigato per il suo buon successo — che le premesse assicurano — con infinita triplice passione: di fisico, di siciliano, di Socio.

A lui quindi la Società esprime per mia bocca un particolare e affettuoso ringraziamento.

E con lui vanno infine ricordati i suoi collaboratori più diretti: il prof. GIOACCHINO GERMANÀ, che conosce mille segreti per giungere sempre, qualità rarissima, a fare e a far fare tutto in tempo e bene; i coniugi MASSIMO UGO e BEATRICE PALMA, preziosi assistenti del prof. SANTANGELO; le due segretarie, signorine MATILDE ZALAPÌ e DONATELLA RACCUGLIA, che da giorni e giorni fan fronte alla pioggia epistolare che il Congresso rovescia sul banco del Segretario Generale; i tecnici indaffarati per il riordinamento generale dell'Istituto; gli studenti che sono stati obbligati a lasciare le vette della Fisica moderna per ripulire ed ordinare i gloriosi apparecchi della vecchia Fisica passati per le mani di AUGUSTO RIGHI, di DAMIANO MACALUSO, di MICHELE LA ROSA, di ORSO MARIO CORBINO, e a percorrere così nella nostra scienza, una lunga passeggiata archeologica che certamente ha fatto molto bene agli studenti stessi come ripasso generale di Fisica.

Queste mobilitazioni generali che i Congressi portano negli Istituti sono tra gli aspetti più curiosi e tra le conseguenze più utili che esse immancabilmente recano: l'osservazione non è mia, ma del vecchio ROITI che ben conosceva uomini e cose: io posso dire solo di averla verificata almeno dieci volte....

* * *

Questo XLIV Congresso Nazionale di Fisica, il primo che si tiene a Palermo, anzi in Sicilia — credo —, è profondamente diverso dai precedenti, per raccogliere in se attività che fin ora erano state trascurate.

In esso infatti si svolgeranno comunicazioni, relazioni e discussioni non solo nel campo — trattato anche nei precedenti congressi — puramente scientifico della ricerca originale, ma anche in quello informativo sulla situazione italiana degli impianti e sui programmi di ricerche sui comportamenti nucleari a bassa e media energia e in quello didattico sulla organizzazione dell'insegnamento della Fisica nelle nostre Scuole secondarie e sulla preparazione degli insegnanti di Fisica per dette scuole.

Nel primo campo, quello della pura ricerca originale, sono annunciate più di centodieci comunicazioni, nella quasi totalità di giovani fisici italiani, relative alla Fisica dei solidi, alla Fisica teorica e a quella fondamentale. Nel complesso è questa una ampia rassegna che per varietà, importanza di questioni trattate, e di risultati raggiunti mostra l'alto grado raggiunto nei nostri laboratori di ricerca.

Nel secondo campo i prof. GIORGIO SALVINI e CARLO SALVETTI Direttori dei due centri di Frascati e di Ispra, e i loro collaboratori rispettivamente i dott. e prof. CORAZZA e QUERCIA e CACCIARI e FRANCO, illustreranno lo stato dei lavori di costruzione e dei programmi di ricerca; il prof. SANTANGELO par-

lerà dell'attività del Comitato Regionale per le Ricerche Nucleari in Sicilia, e il prof. BRUNELLO RISPOLI del Centro coordinamento di elettronica nucleare; mentre il prof. FELICE IPPOLITO, Segretario Generale del Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari pronuncerà la sua attesissima relazione sul programma italiano dopo la 2^a Conferenza di Ginevra.

In questo stesso campo di relazioni generali sulle attività di centri, può farsi rientrare la relazione del prof. MARCELLO CONVERSI sul Centro di Studi a Pisa sulle Calcolatrici Elettroniche.

Infine nel campo della didattica sono annunciate alcune grosse relazioni che occuperanno due mattinate intere e saranno tenute dai prof. CARRELLI, BACCI, PERSICO, LENZI, LOVATI su particolari aspetti dell'insegnamento della Fisica nelle nostre Scuole Secondarie; mentre da parte del Ministero della Pubblica Istruzione è annunciata per Sabato sera una relazione informativa, che verrà tenuta dal Direttore Generale dott. PRISINZANO, sulla posizione della Fisica nel quadro di riordinamento dell'istruzione secondaria superiore e nel programma decennale: relazione questa che è di grande attualità e grande interesse.

Questa partecipazione ufficiale del Ministero è oltremodo gradita ed io desidero ringraziare da parte della Società S. E. il Ministro ALDO MORO, e le Direzioni generali per avere accolto il nostro invito. Come desidero ringraziare per avere egli facilitato con una circolare ai signori Provveditori, ritrasmessa dalla nostra Società ai Presidi, la partecipazione degli insegnanti di Fisica delle Scuole Secondarie al nostro Congresso.

La fisionomia generale del quale può considerarsi del tutto tracciata da questa mia breve informazione, quando aggiunga che esso si chiuderà con una cerimonia alla quale la Società stessa attribuisce particolare importanza e solennità: la proclamazione — che avverrà la mattina di Martedì 11 Novembre — qui all'Università — dei vincitori di Premi per la Fisica messi a concorso dalla nostra Società per il 1958. Ma di ciò parlerò specificamente in quella occasione.

* * *

Ho detto che con quest'ultima notizia la fisionomia del nostro Congresso è completa. In realtà no: ho sbagliato.

Perchè i fisici — in generale tutti quanti — i fisici che pure tanto fanno e strafanno, e purtroppo tanti brutti mezzi offrono per disfare, hanno bisogno — direi più che gli altri scienziati — di evadere ogni tanto dal loro stesso mondo di ricerche, di studi, di preoccupazioni scientifiche ed umane. Le ragioni sono profonde e qui sarebbe fuor di luogo esaminarle.

Comunque proprio per questo bisogno di evasione, Domenica tutto il Congresso abbandonerà l'Università e l'Istituto di Fisica per recarsi ad Agrigento, nella Valle dei Templi, dove divina e abbandonata regna la Bellezza, e parla

un morto linguaggio di cui sentiamo un confuso suono, ma più non intendiamo il remoto e profondo significato. Forse perchè, camminando orgogliosamente sulla via della solitudine umana, troppo ci siamo allontanati — e forse irrimediabilmente — da quella elementarità e semplicità che è il vero fondamento della nostra conoscenza e scienza.

Ma qui il discorso scivola su una china che non mi è lecito seguire.

E poichè già troppo ho abusato della pazienza di tutti — e ne chiedo scusa — concludo, giusta il consueto rito, dichiarando aperto il XLIV Congresso Nazionale di Fisica e augurando ad esso il più felice successo.

Sulla situazione dei lavori per l'Elettrosincrotrone Italiano da 1200 MeV e sul programma di ricerche.

M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA,
G. CORAZZA, G. CORTELLESA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, A. MASSAROTTI,
G. C. MONETI, G. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI,
G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, R. TOSCHI, A. TURRIN (*)

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Laboratori di Frascati

1. - Scopo della presente relazione è di informare e di aggiornare sullo stato dei lavori per l'Elettrosincrotrone che riteniamo prossimo a entrare in funzione, e sul programma sperimentale.

In questa prima parte si riferisce sulla situazione del magnete e sull'impianto di vuoto e ciambella.

Le caratteristiche della macchina sono già state descritte in precedenti comunicazioni [1].

Attualmente la macchina è stata montata e le sue singole parti sono state ampiamente collaudate. Il magnete è stato collaudato ad un campo massimo di circa 11200 G. Questo ci permette di presumere che la macchina potrà funzionare anche a 1200 MeV (campo corrispondente 11112 G), anziché soltanto a 1000 MeV.

Il magnete con campo massimo di 9260 G (corrispondente ad una energia massima della macchina di 1000 MeV) ha lavorato per complessive 500 ore, durante le quali sono state eseguite misure magnetiche principalmente per conoscere il valore di n (gradiente del campo) preso nella zona di iniezione [2] e per la messa a punto delle correnti di correzione.

L'impianto delle bobine di correzione montato sul magnete è risultato largamente abbondante. Solo una piccola parte dei fili montati viene oggi sfruttata. I rimanenti saranno però utili in seguito quando a sincrotrone funzionante si vorrà aumentare il rendimento della macchina.

(*) Riferiscono, nell'ordine, G. CORAZZA (Sez. 1), I. F. QUERCIA (Sez. 2) e G. SALVINI (Sez. 3).

Nella Fig. 1 si vedono le bobine di correzione polari, ciascuna formata da un tappeto da 83 fili del diametro di 18/10, che corrono parallelamente alle facce polari del magnete. Sfruttando opportunamente alcuni di questi fili sono stati realizzati una serie di circuiti di correzione:

a) Un circuito per compensare il campo magnetico residuo in modo da avere una zona utile di n più estesa possibile. Con tale circuito si è ottenuto una zona di n compreso fra $0.55 \div 0.65$ della larghezza di 13 cm.

b) Un circuito che permette variazioni fisse del valore di n su tutta la zona utile.

c) Un circuito per simmetrizzare il valore di n sopra e sotto il piano mediano.

d) Un circuito correttivo per portare il piano magnetico mediano a coincidere quanto più possibile al piano geometrico mediano.

e) Una serie di circuiti realizzati con fili diversi da quelli della figura permettono l'aggiustamento della direzione di uscita e di ingresso del fascio alla fine ed all'inizio di ogni quadrante.

f) Un circuito, eventuale, per allargare la zona utile del campo [3].

La Fig. 2 mostra la macchina come attualmente è montata. Si distinguono chiaramente i quattro quadranti di magnete e le sezioni diritte. Nella prima sezione diritta, in primo piano, è montata la scatola che contiene il deflettore elettrostatico. L'insieme di tubi collegati alla scatola forma il raccordo all'iniettore. Lungo questo raccordo si trovano una lente cilindrica e le bobine deflettrici necessarie a focalizzare il fascio di elettroni uscente dall'iniettore sulla bocca d'ingresso del deflettore elettrostatico.

Nella sezione diritta a sinistra è montata la prima cavità radio frequenza modulata in frequenza ed in ampiezza che accelera gli elettroni dall'energia di iniezione fino a circa 7 MeV.

Nella sezione diritta in alto sarà montata la seconda cavità a radio frequenza alla quale è affidato il compito di accelerare gli elettroni fino alla loro massima energia. Questa cavità attualmente collaudata e pronta in laboratorio non è stata montata ed il raccordo della camera da vuoto in questa sezione è fatto provvisoriamente da un pezzo di ciambella.

Nella quarta sezione diritta dalla quale uscirà il fascio di raggi γ non sono montate parti essenziali al funzionamento della macchina e rimane quindi a disposizione per le esperienze. Attualmente è stata montata una scatola cilindrica di acciaio inox (diametro 700 mm, larghezza 700 mm) che sfrutta tutto lo spazio disponibile fra le due testate del magnete. Particolare importante di questa scatola è che essa può essere isolata, tramite due rubinetti a saracinesca, dalla ciambella in modo che si può far rientrare aria nella scatola senza distruggere



Fig. 1. - Vista delle correzioni polari che corrono parallelamente alle facce polari del magnete

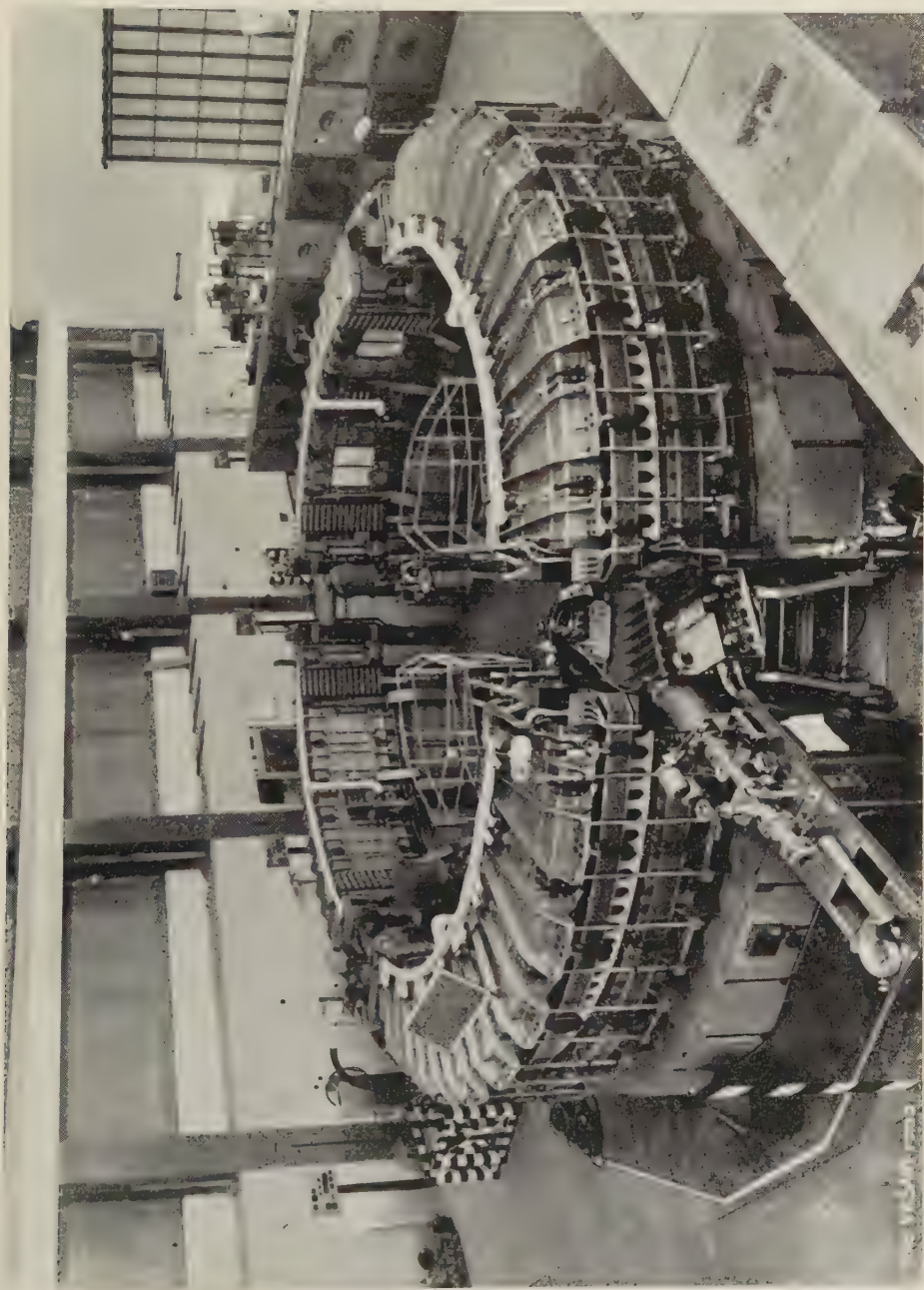


Fig. 2. — La macchina vista nel suo insieme: in primo piano il deflettore elettrostatico.

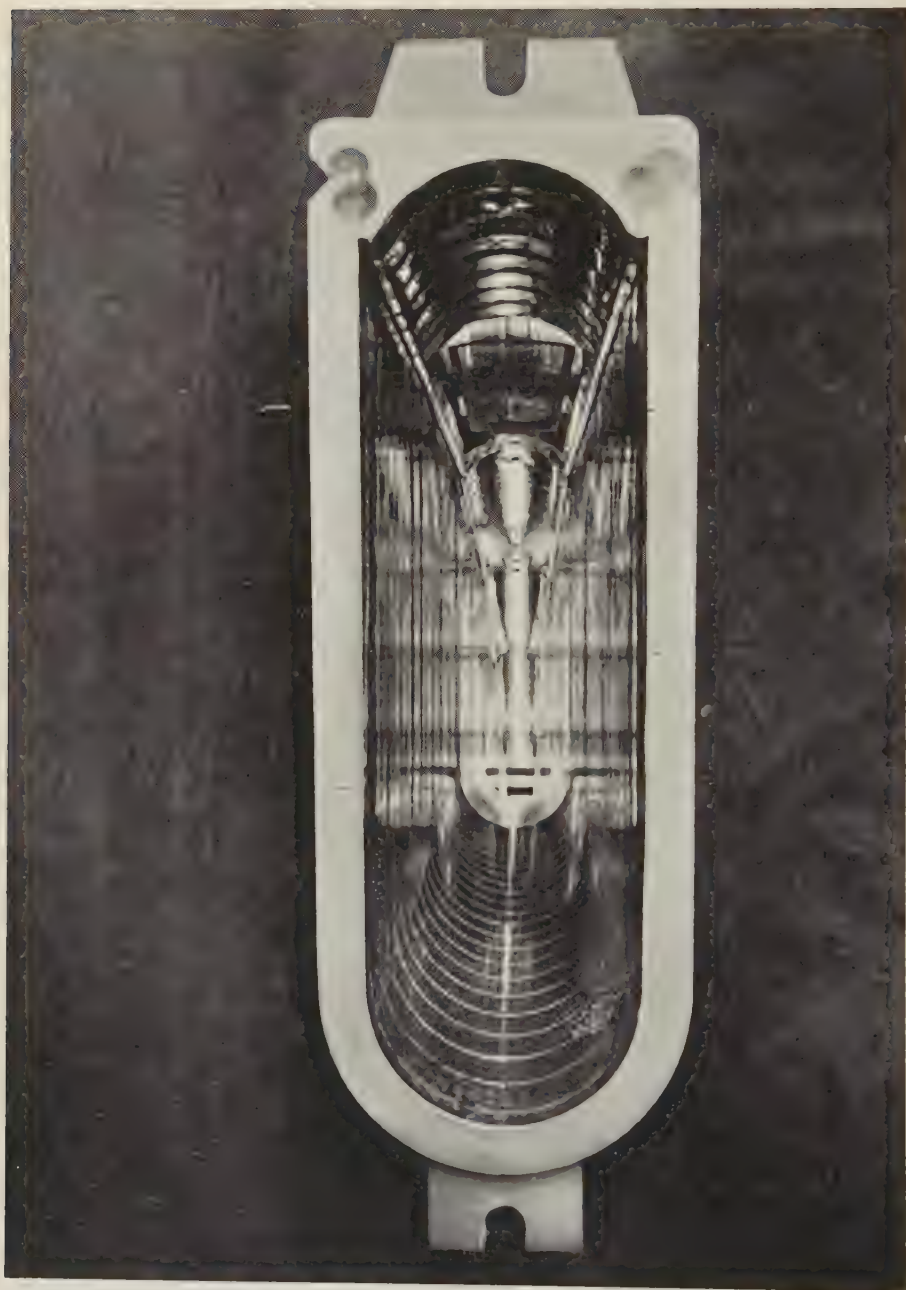


Fig. 3. - Vista dell'interno della ciambella. Si notano le strisce di acciaio inossidabile descritte nel testo.

il vuoto in ciambella. Questi si renderanno utili quando si vorrà sperimentare diversi tipi di targhette e nel caso si pensi a qualche esperienza da farsi direttamente con il fascio di elettroni nell'interno della macchina.

La ciambella [4] è stata realizzata intieramente presso i Laboratori di Frascati. La sua lunghezza è di circa 27 metri con dimensioni esterne della sezione di 220×78 mm², spessore della parete di 10 mm. Essa è stata costruita in araldite e quarzo rivestita internamente di uno strato conduttore di acciaio inossidabile amagnetico dello spessore di 5/100 mm. Onde evitare che lo strato conduttore di acciaio, causa i campi magnetici indotti dovuti alle correnti parassite per l'alimentazione alternata a 20 Hz del magnete, distruggesse le proprietà focalizzanti del magnete stesso, detta metalizzazione non è continua ma formata da tante striscie dell'acciaio suddetto della larghezza di circa 15 mm distanziate fra loro di circa 3/10 mm (vedi la Fig. 3). Le striscie di acciaio sono in contatto elettrico sulla parte frontale della ciambella e vengono messe a terra attraverso una serie di passanti del tipo dei covar.

Ogni quadrante è composto da tre settori di ciambella della lunghezza (misurata sull'orbita di equilibrio) di 1883.3 mm uniti fra loro a tenuta di vuoto tramite anelli di neoprene alloggiati in una apposita scanalatura ricavata per mezzo di un pantografo sulle testate da unire.

La parte frontale della ciambella è piana: ciò per semplificare i problemi di tenuta del vuoto alle finestre ed ai passanti rotativi che servono per inserire o togliere dall'interno della ciambella, tramite un sistema meccanico di vite senza fine e corona dentata, le bandierine fluorescenti necessarie per la messa a punto della macchina.

Per semplificare le operazioni di montaggio i pezzi della camera da vuoto da inserire nelle sezioni diritte sono collegati alle estremità dei quadranti della ciambella con pezzi a forma di cannocchiale che permettono accorciamenti della lunghezza di oltre 30 mm.

L'impianto di vuoto dell'elettrosincrotrone è formato da 4 gruppi distinti, ciascuno composto di una pompa rotativa ed una pompa a diffusione della portata di 3000 l/s. Le pompe a diffusione sono poste all'interno della macchina (vedi Fig. 2) e collegate alla ciambella nelle sezioni diritte. Il vuoto all'interno della ciambella raggiunto durante il primo periodo di ricerca del fascio è stato di circa $4 \cdot 10^{-6}$ mm Hg.

Nell'interno della ciambella sono sistemati tutti gli strumenti per la ricerca del fascio [5]. Questi strumenti sono:

- bandierine fluorescenti;
- elettrodi raccoglitori;
- elettrodi ad induzione.

Ciascuno di questi strumenti può essere inserito per la misura manovrando dall'esterno della ciambella per mezzo di passanti a tenuta di vuoto.

Le bandierine fluorescenti servono per visualizzare la traiettoria degli elettroni e vengono osservate direttamente per mezzo di sistemi ottici. Tali bandierine sono costruite per la massima parte con rete di rame (filo 0.5 mm) ricoperta con un leggero strato fluorescente di solfuro di zinco, con maglie di circa 2 mm di lato in modo da avere una trasmissione di circa il 90 %. Ogni quadrante contiene 5 di tali bandierine. Altre sono state sistemate nelle sezioni diritte.

Gli elettrodi raccoglitori sono sistemati alla fine di ogni quadrante nelle sezioni diritte. Questi elettrodi raccoglitori (pozzi di Faraday), che vengono adoperati durante il primo giro, sono di uno spessore tale da frenare tutti gli elettroni iniettati. Ogni volta che il fascio di elettroni colpisce l'elettrodo, si ha un impulso di corrente. Confrontando tali impulsi all'uscita di ogni quadrante a partire dalla bocca del deflettore si può ricavare la trasmissione di ciascun quadrante.

Gli elettrodi ad induzione sono costruiti a forma tubolare con una apertura dello stesso ordine dell'apertura della ciambella. Ogni volta che il fascio traversa tale elettrodo induce sulle sue pareti, essenzialmente per induzione elettrostatica, una carica elettrica che può essere rivelata con un impulso di tensione. Con questo tipo di rivelatore che non perturba il fascio si può seguire il funzionamento della macchina confrontando ad esempio su di un oscillografo l'altezza degli impulsi ed ogni ciclo di accelerazione.

Riferirà ora QUERCIA sull'impiego di questi strumenti nella ricerca del fascio.

2. - Come precedentemente è stato esposto, l'installazione definitiva di molte parti del Sincrotrone è ormai completata e collaudata. In attesa del nuovo iniettore Van de Graaff da 3 MeV dagli Stati Uniti, circa un mese fa, e precisamente tra l'8 e il 16 Ottobre, abbiamo creduto opportuno compiere delle prime esperienze di iniezione di elettroni entro il Sincrotrone. Naturalmente allora disponevamo dell'iniettore Cockcroft e Walton, che consentiva un fun-

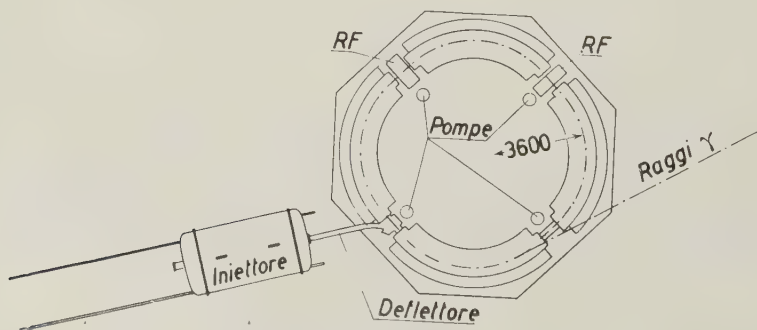


Fig. 4. - Pianta schematica del sincrotrone.

zionamento stabile solo alla energia tra 1 ed 1.2 MeV, mentre, come è noto, il Sincrotrone è studiato per una energia di iniezione di almeno 2 MeV.

A valori così bassi della energia corrisponde un campo magnetico sull'orbita principale dell'ordine di 14 G; è facile prevedere che ad un valore così basso di campo le disuniformità di distribuzione di esso sono notevolmente esaltate. Pertanto ne risultano aumentate le difficoltà di mantenere il fascio entro la ciambella. Nonostante questi prevedibili inconvenienti, come dicevo, abbiamo ugualmente fatto delle prove di iniezione, le quali hanno fornito dei risultati abbastanza soddisfacenti. Penso che sia interessante riferire brevemente taluni di questi risultati.

Per seguire la successione delle operazioni è utile seguire la Fig. 4 che rappresenta una pianta schematica del Sincrotrone.

- Come ho detto, in tutte queste prove l'energia di iniezione era compresa tra 1.0 ed 1.2 MeV.
 - Gli elettroni venivano emessi dall'iniettore per impulsi della durata di $5 \mu s$.
 - In queste condizioni si aveva, aggiustando le lenti magnetiche lungo il tubo di iniezione, un fascio di circa $2 \times 2 \text{ mm}^2$ di sezione, misurato all'ingresso circa del deflettore. La corrente impulsiva, misurata nella medesima posizione era di circa $(200 \div 300) \mu A$.
 - Una volta aggiustato il fascio all'ingresso del deflettore elettrostatico, si è trovata la posizione corretta per il deflettore stesso, e per tentativi il valore necessario per la tensione tra le armature del deflettore.
- Questi aggiustamenti sono risultati piuttosto immediati, ed abbastanza facilmente si è ottenuto il fascio all'uscita del deflettore.
- Per cominciare ad osservare le traiettorie degli elettroni nella ciambella si è eccitato il magnete in corrente continua a circa 14 G. Si è quasi immediatamente osservato un primo giro completo degli elettroni nella ciambella, semplicemente aggiustando il valore del campo e l'angolo di iniezione del deflettore.

Il passaggio del fascio di elettroni veniva per esempio osservato con un elettrodo ad induzione posto nella sezione dritta libera.

Le dimensioni del fascio e la posizione di esso successivamente nei vari quadranti, sembravano indicare un valore medio di n (indice del campo) prossimo al valore desiderato.

Quantitativamente si è osservato che l'intensità del fascio rimaneva attenuata del 30% tra l'ingresso al deflettore e l'uscita dal I° quadrante.

Tra l'ingresso del I° quadrante e l'uscita del II° quadrante si è osservata una attenuazione del 50%.

Ciò senza introdurre correzioni di campo sui quadranti.

— Mediante l'impiego di un deflettore elettrostatico disposto all'uscita dell'iniettore, e che noi chiamiamo chopper, è possibile fare entrare nella macchina un breve fiotto di elettroni di durata confrontabile col periodo di rivoluzione degli elettroni nella ciambella o minore di detto periodo.

Usando il chopper è stato possibile individuare su un elettrodo raccoglitore trasparente, l'impulso dovuto al 1° giro degli elettroni nella macchina. La presenza di un secondo giro è stata confermata anche dalla osservazione diretta sulle bandierine fluorescenti. (La fotografia a colori proiettata mostra le due macchie verdi osservate su di una bandierina fluorescente, corrispondenti al 1° ed al 2° giro degli elettroni nella ciambella).

Avendo trovati soddisfacenti questi risultati di iniezione a bassa energia con eccitazione del magnete in continua, abbiamo tentato di ripetere le medesime esperienze portando il magnete alla piena eccitazione (corrente continua + + corrente alternata) corrispondente alla energia massima degli elettroni pari a 1 000 MeV.

In questa seconda serie di misure, che indicherò brevemente come misure in alternata, si è osservato che erano necessarie alcune correzioni, e precisamente:

- il flusso disperso alle testate della sezione diritta di iniezione deve essere neutralizzato con avvolgimenti attorno al tubo di iniezione, per evitare che il fascio venga deviato prima del deflettore.
- è necessario usare delle correzioni predisposte del campo magnetico alle testate di uscita e di ingresso nei 4 quadranti, per aggiustare gli angoli di uscita e di ingresso radiali e verticali del fascio in uscita ed ingresso.
- l'istante d'iniezione deve essere accuratamente sincronizzato con il valore corretto del campo magnetico che sale con una velocità di circa $0.13 \text{ G}/\mu\text{s}$.

Il sincronizzatore principale elettronico installato si è dimostrato adeguato allo scopo.

Come risultato si è osservato il fascio di elettroni circolante nella macchina almeno per un giro. L'osservazione ha dato indicazioni, della presenza di un secondo giro di elettroni anche in questo caso.

Il 16 Ottobre si sono interrotte queste prove preliminari per consentire l'installazione del nuovo iniettore.

Nel frattempo è stata conclusa l'installazione dell'impianto a radio frequenza modulata [6], che già era stato lungamente collaudato (vedi Fig. 5).

Procede ora, insieme alla installazione del sistema di controllo remoto dell'iniettore, ottica, e deflettore, l'installazione dell'impianto a radio frequenza di potenza.

Anche questo impianto è stato a lungo collaudato, ed ha fornito una tensione di picco a radio frequenza tra le armature della cavità riso-

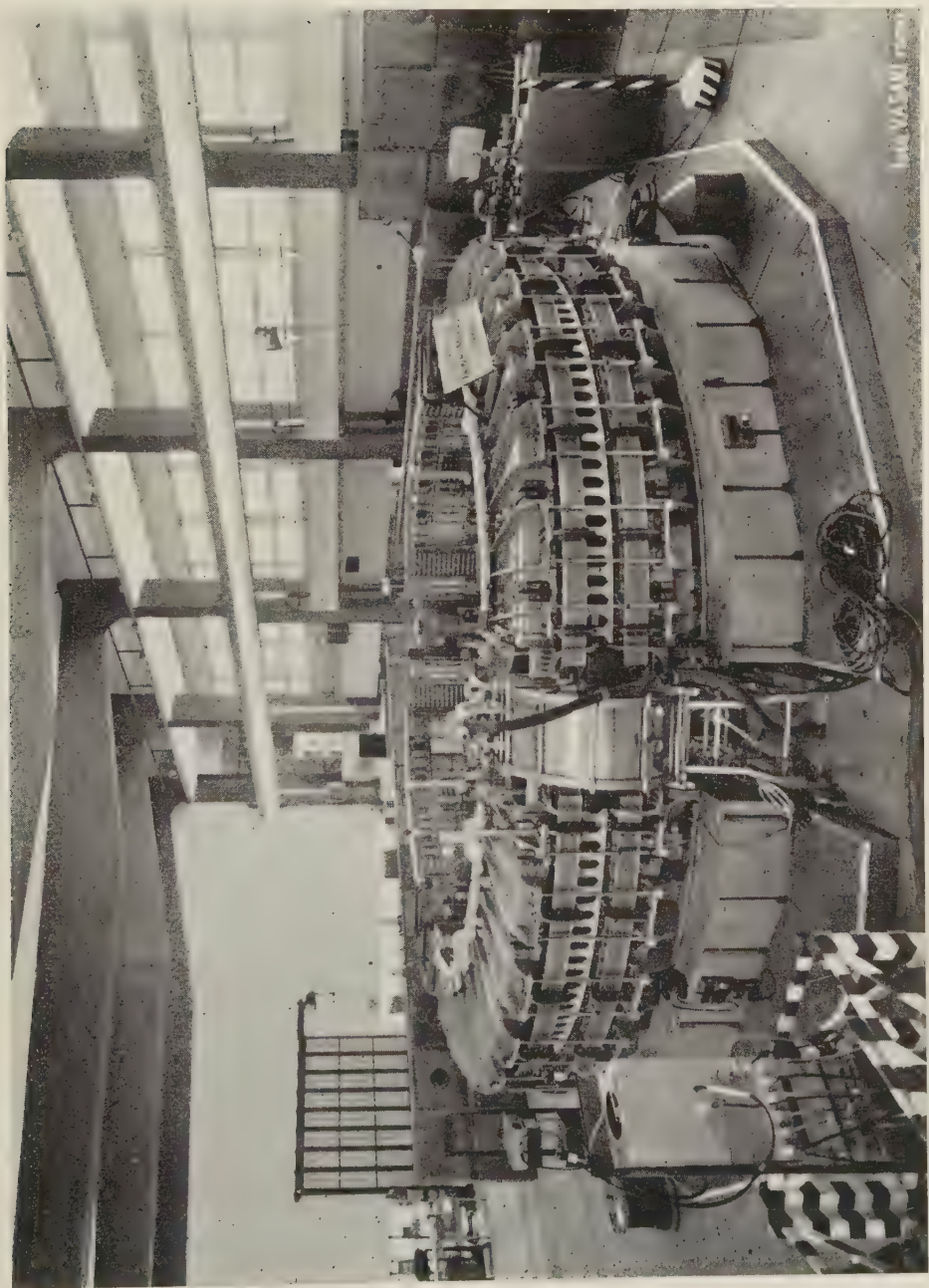


Fig. 5. La macchina vista nel suo insieme: in primo piano l'impianto a radio frequenza modulata.

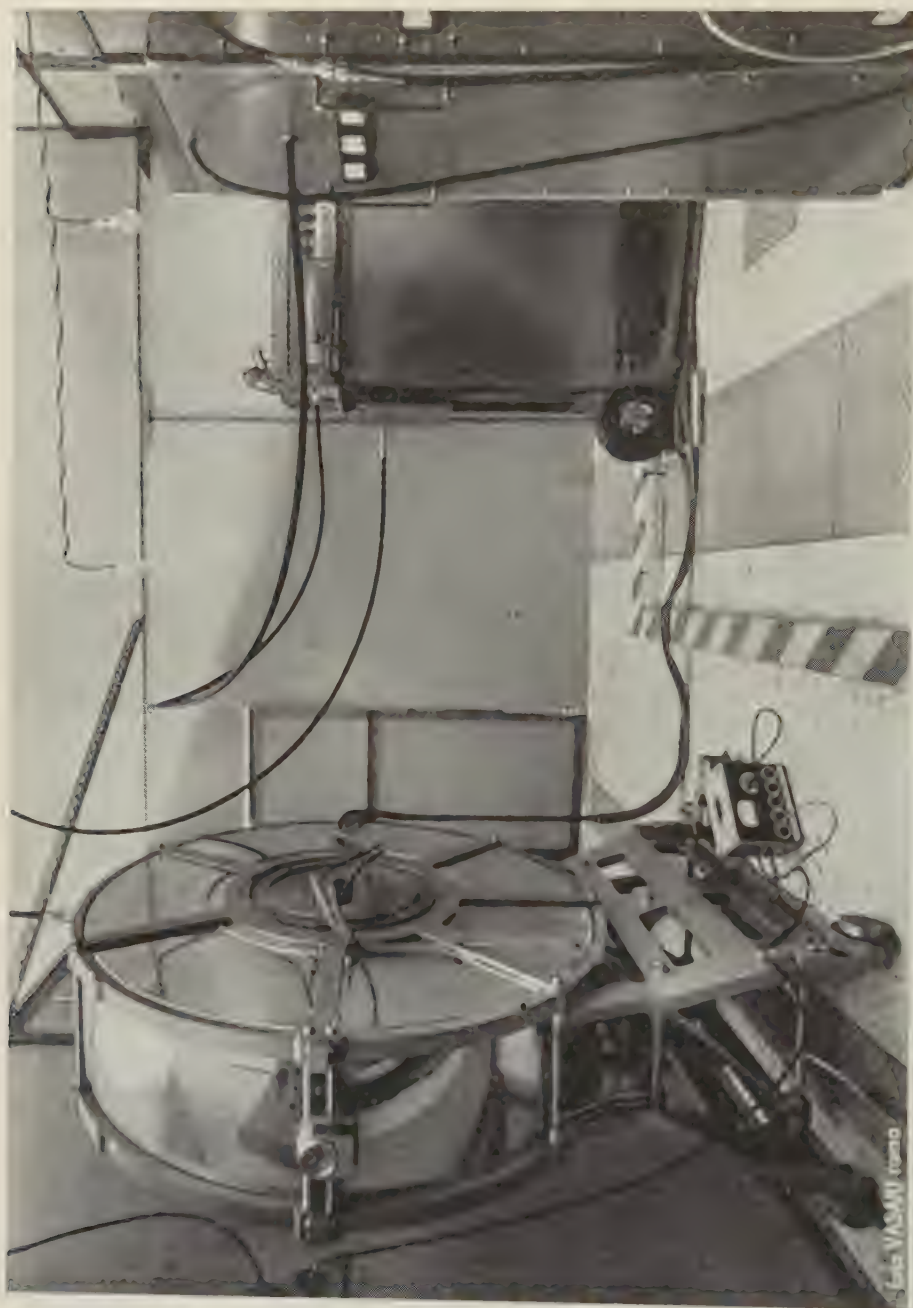


Fig. 6. - Vista della cavità risonante di potenza.

nante, pari a 60 kV. Valore sufficiente per l'accelerazione degli elettroni sino a 1000 MeV [7].

Le Figg. 6 e 7 mostrano la cavità di potenza.

Come ho accennato sono ora in corso di installazione i due impianti di radio frequenza che su comando proveniente dal Sincrotrone principale entrano successivamente in azione per accelerare gli elettroni ad ogni ciclo della macchina.

Non è escluso che nel passaggio dall'accelerazione della prima cavità a quella della seconda una certa percentuale degli elettroni del fascio venga perduta, per il cambiamento di fase del campo a radio frequenza. Abbiamo pensato di ovviare a tale possibile inconveniente mediante l'uso di un impianto di Radio Frequenza che faccia uso di un oscillatore pilota unico che comandi le due distinte catene di amplificazione. Questa disposizione consente di tenere rigorosamente in fase le oscillazioni nelle due cavità, al momento dello scambio. Questo impianto è attualmente in fase di collaudo, ed è pronto per essere installato se se ne presenterà la necessità.

Ci sarebbe parecchio da dire circa i singoli dispositivi elettronici che installati in sala controllo consentono di comandare e verificare i valori dei vari parametri della macchina durante il suo ciclo di funzionamento. Tra quelli che non sono già stati pubblicati in letteratura [8] mi limiterò a ricordare i seguenti:

a) apparecchi per la misura dinamica del valore istantaneo della frequenza della radio frequenza modulata, (precisione 0.1% - linearità su 2 MHz) [9].

b) indicatore numerico del valore massimo raggiunto dal campo magnetico sull'orbita principale (misura ogni 0.5 s - precisione circa 30 G su circa 10 000).

c) misuratore dinamico del campo magnetico tra 0 e 120 G per il controllo del sincronizzatore principale [10].

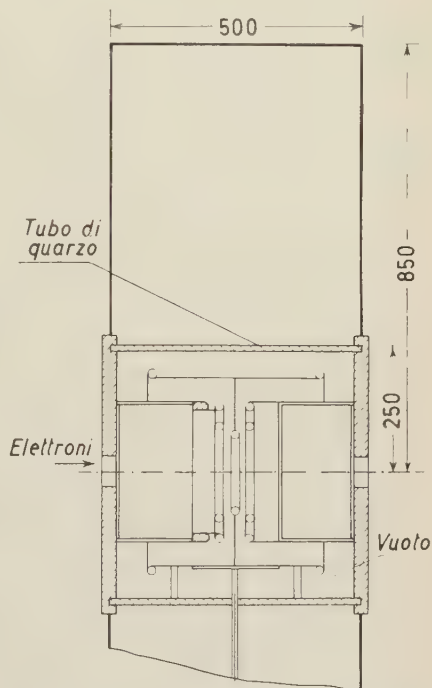


Fig. 7. - Sezione schematica della cavità di potenza.

A questi apparecchi, di natura particolare, occorrerebbe aggiungere le apparecchiature più convenzionali che consentono il comando e controllo remoto del Sincrotrone dalla sala controllo. Tali apparecchiature sono progettate in vista della possibilità di ridurre al minimo le operazioni necessarie per l'avviamento della macchina, e con lo scopo di rendere con la massima evidenza, sotto forma numerica dove possibile, le informazioni relative ai valori assunti dai diversi parametri che influenzano il funzionamento del Sincrotrone.

3. - Abbiamo dato un quadro aggiornato sulla situazione dei lavori per la macchina. Facciamo ora qualche previsione sulla immediata attività futura e sul programma sperimentale in corso. Parleremo quindi di cose realizzate oltre che a Frascati negli Istituti delle Università italiane.

Come è noto, l'iniettore del tipo di Cockroft e Walton preparato in Italia ha avuto un ritardo nella sua messa a punto, e perciò impiegheremo in questi mesi un Van de Graaff da 3 MeV acquistato negli Stati Uniti. Questo Van de Graaff è adesso in montaggio e la nuova ricerca del fascio con esso inizierà tra pochi giorni.

Per quanto riguarda l'altro iniettore, il Cockroft e Walton costruito all'Istituto Superiore di Sanità, è da dire che esso ha dimostrato, pur a bassa energia (iniezione ad 1 MeV, come già chiarito), qualità uniche di intensità e stabilità. È perciò probabile che esso sia il nostro iniettore finale quando la sua messa a punto sarà terminata. Uno dei due acceleratori sarà comunque usato nel futuro dal Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari per ricerche di biologia e di fisica nucleare a bassa energia.

Riferisco ora sullo stato della preparazione delle apparecchiature generali necessarie alle esperienze con la macchina. È da dire in linea di massima che la preparazione delle esperienze è un pò arretrata rispetto allo stato attuale della macchina. Qui è da osservare che all'inizio (1953) solo la costruzione della macchina era affidata alla sezione « Acceleratore » e le apparecchiature generali per le esperienze dovevano essere divise tra le sezioni dell'I.N.F.N. [11]. Varie ragioni, piuttosto valide, hanno portato a riversare direttamente sulla sezione « Acceleratore » il carico di dette opere.

Apparecchiature per il fascio γ - In un primo tempo almeno non si estrarrà il fascio di elettroni ma si faranno ricerche col fascio γ estratto per urto degli elettroni contro un bersaglio interno. Il bersaglio interno sarà una piastrina mobile o no ormai in avanzata preparazione.

La calibrazione del fascio γ - È ormai pronta una camera di ionizzazione per la misura della energia totale del fascio γ . Questa camera è del tipo inventato da R. Wilson di Cornell con alcune significative modifiche. Con essa, essendo $N(k)dk$ il numero di fotoni di energia compresa tra k e $k + dk$ ad ogni

impulso, si può misurare l'energia totale U :

$$U = n \int_{k=0}^{k_{\max}} k N(k) dk,$$

del fascio γ irradiata in n impulsi.

L'energia totale del fascio è un numero necessario per conoscere il valore assoluto della sezione d'urto di ogni processo fotonico. Per questo conviene ricavare U per più di una via. Abbiamo quindi in preparazione un altro strumento (curato dal prof. R. CIALDEA dell'Università di Roma): il calorimetro a mercurio. Il fascio γ viene assorbito in una massa di mercurio, e la U si ritrova come variazione della energia interna del mercurio, del quale si misura quindi la dilatazione. Occorre una sensibilità corrispondente a circa 1/1000 di grado, e questa sensibilità è stata raggiunta.

Lo spettrometro a coppie. — Per una conoscenza completa del fascio è necessario misurare sperimentalmente la funzione $N(k)$. Questa analisi si fa con uno spettrometro per coppie di elettroni [12]. Il tipo da noi in preparazione è indicato nella Fig. 8.

Il magnete è del tipo a mantello, che arriverà ad un campo massimo di 20000 G. Gli elettroni sono rivelati con due canali di contatori (una coincidenza doppia per ognuna delle due particelle) posti in coincidenza rapida. La parte elettronica è particolarmente curata dal CELE.

I magneti per le esperienze. — Questi magneti sono stati preparati per le particolari esperienze che tra poco diremo. Data però la loro polivalenza, li descriviamo ora in questa lista.

Magnet analizzatori [13]. — Sono stati in questi giorni ultimati due magneti analizzatori del tipo di Fig. 9.

Essi possono arrivare ad un campo massimo di 16000 G, in un traferro di $80 \times 40 \times 20$ cm³: le traiettorie dei piani di 100 MeV/c hanno quindi in essi una curvatura di circa due metri.

È in avanzato progetto un magnete per camera a diffusione (Università

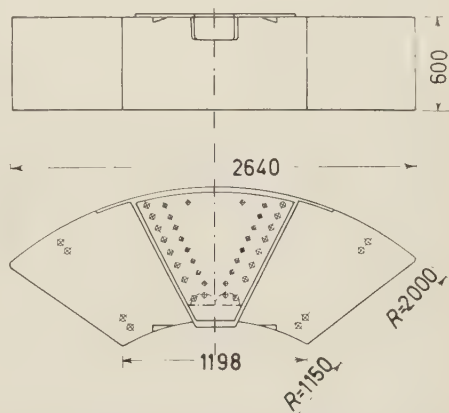


Fig. 8. - Vista e sezione orizzontale dello spettrometro a coppie.

di Genova) del tipo indicato nella Fig. 10, e delle seguenti caratteristiche:

- campo max 15000 G (bobine in parallelo, 150 V);
- potenza circa 500 kW;
- regione utile con campo costante entro il 3%: diametro di 70 cm, altezza circa 20 cm.

Altri magneti minori sono anch'essi in costruzione o già costruiti nei nostri Laboratori. Anzi è da dire che abbiamo ritenuto conveniente aprire a Frascati un Servizio Magneti. Questo servizio costruirà i magneti per noi occorrenti, ma ha anche il compito di studiare nuovi progetti e di

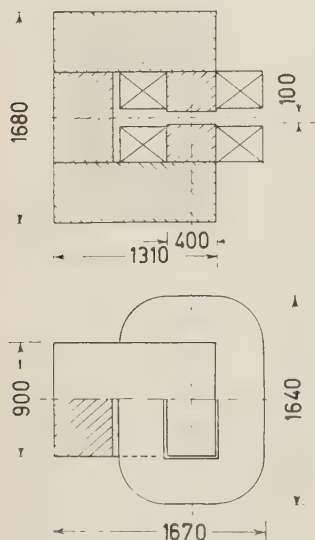


Fig. 9. - Sezione verticale e orizzontale di uno dei magneti analizzatori da 15000 G.

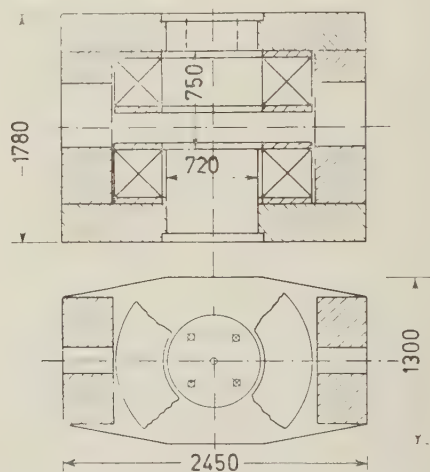


Fig. 10. - Sezione verticale e orizzontale del magnete per la camera a diffusione.

esaminare a fondo le possibilità che la tecnica offre per realizzare campi magnetici sempre più intensi quali occorrono ad esempio, pulsanti, per la fisica con le lastre.

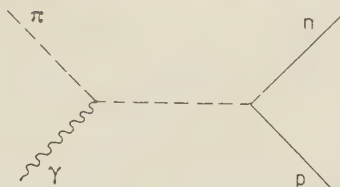
Bersagli a H_2 liquido. — Si sta realizzando (pronta per la fine dell'anno) una « targhetta » a H_2 liquido con raffreddamento a vapore di elio. Altre targhetta a H_2 liquido di tipo più semplice sono già state realizzate e sono pronte per l'impiego sul fascio.

Diamo ora un breve quadro di alcune delle esperienze in avanzata costruzione o in progetto da compiersi con la nostra macchina. Citeremo i nomi dei fisici che le stanno particolarmente studiando, e ci hanno fornito le riferite informazioni:

a) *Fotoproduzione singola di pioni positivi in H_2* (BENEVENTANO, FINOCCHIARO, FINZI, MARCONERO, MEZZETTI, SCHAEFER dell'istituto di Fisica di Roma).

Scopo dell'esperienza è la conoscenza della sezione d'urto differenziale per il processo: $\gamma + p \rightarrow n + \pi^+$.

Particolarmente interessanti saranno gli angoli piccoli (minori di 30°) di emissione del pione. L'interesse per i piccoli angoli è dovuto al fatto che gli effetti del termine di interazione diretta corrispondente al diagramma



sono messi particolarmente in evidenza.

Ad alte energie è interessante confrontare i risultati sperimentali con quelli predetti da teorie nelle quali il nucleone fisico è trattato come puntiforme.

Per quanto riguarda l'intensità di conteggio possiamo dire che i pioni contati dovrebbero essere circa 700 all'ora se si fanno le seguenti ipotesi:

- spessore targhetta di H_2 liquido 5 cm ($2 \cdot 10^{23}$ atomi/cm²);
- spessore della targhetta interna dell'elio: 1/10 lung. rad.;
- elettroni per impulso 10^{10} ;
- ampiezza di ogni « canale » di energia dei γ : 50 MeV;
- sezione d'urto differenziale: circa 10^{-30} cm²/sr.

Il dispositivo sperimentale è dato nella Fig. 11. Essenzialmente si misura il vet-

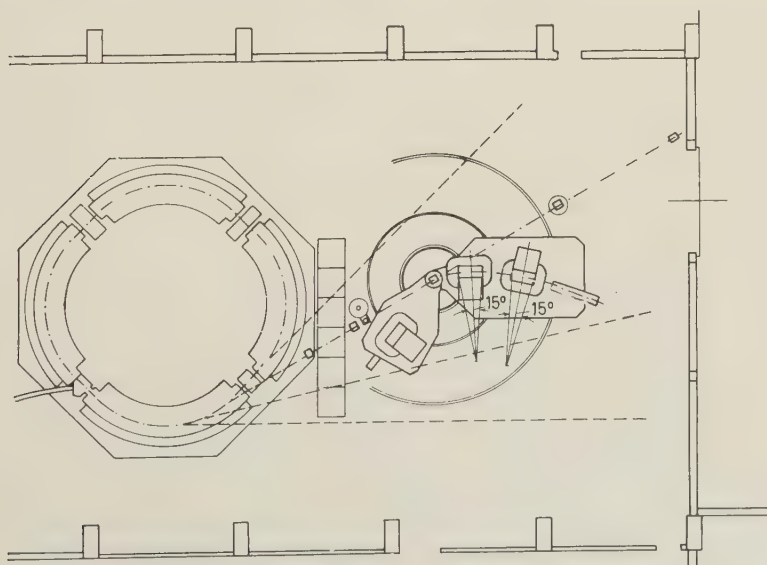


Fig. 11. -- Disposizione per la rivelazione di pioni positivi fotoprodotti in idrogeno.

tore impulso del mesone π^+ analizzandolo con due magneti del tipo già descritto.

Come si vede in figura il pione è individuato con contatori a scintillazione; in una misura di questo tipo è essenziale distinguere i pioni dagli elettroni positivi e dai mesoni μ . La distinzione dagli elettroni è affidata ad un contatore di Čerenkov a gas, sensibile solo a particelle ultrarelativistiche, in questo caso elettroni di almeno 100 MeV/c.

Questo contatore è descritto in una delle comunicazioni a questo Congresso.

Questa esperienza è ormai in uno stato avanzato di preparazione; in particolare sono già pronti i contatori a scintillazione liquidi e plastici, ed i magneti.

b) Ricerche sui fattori di forma ed i limiti di validità dell'Elettrodinamica.

Le esperienze del tipo di quelle svolte da Hofstadter e coll. (urto elastico elettrone-nucleone) o come quelle di PANOFSKY e coll. (produzione di coppie con elevato trasferimento d'impulso) sono ormai da porsi tra le più interessanti della fisica nucleare ad alta energia. In questa direzione stanno particolarmente progettando esperienze, sotto la guida teorica di di BUDINI e REJNA, i fisici GRILLI, POIANI, GREENING e KUSTHACER delle Università di Padova e Trieste.

Il programma più ambizioso sarebbe lo studio della bremsstrahlung degli elettroni a grande angolo. Il fascio di elettroni sarebbe quello stesso circolante nella macchina; il bersaglio dovrebbe essere l'H liquido posto in una delle sezioni diritte della macchina.

Questo programma è bello ed ambizioso, perchè permette di indagare sul fattore di forma del nucleone e sulla validità dell'elettrodinamica a piccole distanze d'urto. Sono concordi però gli sperimentali di Padova ed i fisici di Frascati sulle difficoltà di tale ricerca almeno in un primo tempo di vita della macchina.

Altre ricerche di più sicura realizzazione sta considerando, in un certo senso come preparazione a queste, il gruppo di Padova-Trieste suddetto. In particolare sta progettando lo studio della dipendenza da Z (numero atomico del convertitore) della sezione d'urto totale e differenziale della bremsstrahlung per elettroni positivi e negativi. Gli elettroni positivi si possono ovviamente ottenere per conversione del fascio γ in un convertitore posto davanti ad un magnete o addirittura dentro la ciambella del Sincrotrone.

c) Fotoproduzione singola e multipla di mesoni in una camera a diffusione dotata di campo magnetico (GIGLI e coll. dell'Università di Genova). Una prima camera a diffusione è già pronta. Il magnete per essa, e da noi già descritto, è in preparazione a Frascati.

Queste ricerche richiamano vivamente quelle di COCCONI e coll. fatte a Cornell con una camera a diffusione, con una statistica che sicuramente ma molto lentamente si accresce. Per molti riguardi la camera a diffusione è uno strumento di qualità uniche. La camera riempita di deuterio ad esempio permetterà uno studio completo del processo

$$\gamma + n \rightarrow \pi^- + p.$$

Lo studio è completo poichè si potrà misurare anche l'impulso generalmente piccolo ceduto al protone « spettatore », del deuterio, contribuendo quindi a risolvere la questione del grado d'indipendenza del neutrone urtato dal suo legame deuteronico.

Ancora ad esempio può dirsi che lo studio della fotoproduzione multipla, cioè del processo

$$\gamma + p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + p,$$

permetterà di dare precise curve di eccitazione con una descrizione cinematica completa.

d) *Ricerche sui processi elettrodinamici di bremsstrahlung e produzione di coppie nei cristalli* (Laboratori di Frascati). Già da tempo è noto e qualitativamente dimostrato che la sezione d'urto di bremsstrahlung per elettroni di alta energia è diversa da quella di Bethe e Heitler se si usa come radiatore un monocristallo. Questo può spiegarsi con il fatto che l'impulso q trasmesso al nucleo nella direzione dell'elettrone è molto piccolo, per cui la lunghezza d'onda associata $\lambda \approx h/q$ è abbastanza grande, da comprendere diverse distanze reticolari. Questo produce una interferenza tra i nuclei ordinati del reticolo, che può esaltare o diminuire la sezione d'urto.

ÜBERALL ha recentemente calcolato in approssimazione di Born le sezioni d'urto per bremsstrahlung o produzione di coppie in monocristalli di Rame, Platino, Diamante. Nella Fig. 12 si ha la distribuzione in energia delle coppie emesse in Cu da un fotone da $k=1$ GeV. In ascissa è data $y = E^+/k$ (E^+ , energia del positone).

Come si vede, confrontando con la sezione d'urto calcolata per materiale amorfo da BETHE ed HEITLER, si ha un aumento della sezione d'urto del 10% in condizione di energia equipartita tra i due rami, per un angolo θ . Si indica con θ l'angolo (in milliradiani) tra la direzione del fotone primario e quella dell'asse cristallino (in questo caso l'asse 1,00).

Questi risultati teorici, ed altri sulla bremsstrahlung che non stiamo a riportare, possono essere verificati con la nostra macchina. In base ad essi non è escluso che si possa ottenere un fascio γ parzialmente polarizzato (p.e. al 20%) e di intensità elevata, più alta di quella sino ad ora ottenuta con altri metodi, ed impiegabile in varie ricerche.

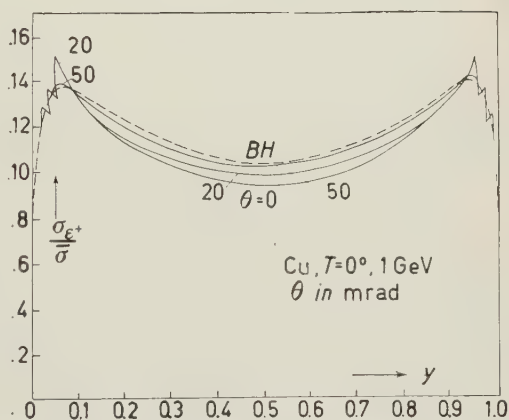


Fig. 12. - Distribuzione in energia delle coppie emesse in rame da un fotone di 1000 MeV.



Fig. 11 - Vista generale dei Laboratori di Frascati.

Quale prima esperienza in questo ordine di ricerche, curata e preparata particolarmente da DIAMBRINI, si conta di misurare la produzione di coppie in un mono cristallo di Silicio, già in nostro possesso.

In particolare si tratta di misurare la sezione d'urto a diversi angoli e di confrontarla con un convertitore amorfo e con la teoria.

Il nostro programma nei mesi futuri risulta abbastanza ovviamente da quanto abbiamo raccontato.

Per quanto riguarda la macchina, si tratta di ottenere la massima energia nel più breve tempo possibile, e con un'intensità, all'inizio, non troppo bassa.

È chiaro che una macchina nucleare non è mai finita e che un obbiettivo importante quanto l'energia è l'alta intensità. Per questo non faremo l'errore di disfare il gruppo che ha costruito e fatto funzionare la macchina, dopo il primo funzionamento di questa.

Per quanto riguarda le esperienze occorre accelerarne la preparazione, per esser pronti ad usare la macchina.

A macchina ultimata converrà forse per i Laboratori di Frascati modificare alcuni tratti della loro attuale fisionomia. Non saranno più come ora assolutamente prevalenti le esigenze per una realizzazione rapida e specifica, e potremo dedicare i laboratori con maggiore liberalità alla ricerca scientifica. Questo significherà apportare nei mesi venturi alcune importanti variazioni quali:

- aver attivo in Frascati un gruppo teorico;
- aumentare il numero dei tecnici di Laboratorio;
- cercare, con lezioni, seminari, intensi scambi scientifici e, s'intende con lo studio, di avere in Frascati idee chiare o almeno non confuse e generiche sulle ricerche che conviene fare e che possiamo fare.

Concludiamo dando in Fig. 13 una vista generale aerea dei Laboratori di Frascati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. SALVINI: *Caratteristiche dell'elettrosincrotrone Italiano da 1000 MeV* (Rel. int. no. G 19, 14 Novembre 1955); M. AGENO, A. ALBERIGI, F. AMMAN, C. BERNARDINI, G. CORAZZA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, E. PERSICO, M. PUGLIESI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, G. SCACCIA-SCARAFONI, P. G. SONA, R. TOSCHI and A. TURRIN: *The 1100 MeV electron-synchrotron of the National Laboratories of Frascati. Present state of work and scientific program*. (Presented by G. SALVINI at the 2nd World Conference, Geneva, September 1958). (Rel. int. no. 5 25 Settembre 1958).
- [2] G. DIAMBRINI PALAZZI: *Nuovo Cimento*, **3**, 336 (1956). G. DIAMBRINI PALAZZI: *(CERN Symposium Proceedings, Vol 1 (Geneva, 1956), p. 471.*
- [3] G. SALVINI and G. SANNA: *(CERN Symposium Proceedings, Vol. 1 (Geneva, 1956), p. 458.*

- [4] G. CORAZZA: *Constructive data for the planning, development and construction of the doughnut of the Italian electro-synchrotron* (Rel. int. no. DO 15 20 Gennaio 1957).
- [5] A. ALBERIGI QUARANTA e C. BERNARDINI: *Considerazioni preliminari concernenti lo studio e la ricerca del fascio* (Rel. int. no. T 30 10 Aprile 1957); A. ALBERIGI QUARANTA e C. BERNARDINI: *Schema delle operazioni di ricerca del fascio a bassa energia*. (Nota int. no. 2, 7 Maggio 1958).
- [6] A. ALBERIGI, F. LEPRI, M. PUGLIESI e I. F. QUERCIA: *L'impianto di radio frequenza modulata in frequenza per l'elettrosincrotrone Italiano da 1000 MeV. - Parte I: Generalità e controllo frequenza* (Rel. int. no. R 12, 15 Febbraio 1957).
- [7] C. BERNARDINI: *Numerical calculations on the influence of the radiation fluctuations on the beam's intensity for weak focusing synchrotron* (Rel. int. no. T 29, 1 Aprile 1957).
- [8] I. F. QUERCIA: *Sull'uso di un integratore elettronico per misure di campo magnetico* (Rel. int. no. M 64, 28 Luglio 1955); G. GHIGO and I. F. QUERCIA: *Nucl. Instr.* **1**, 57 (1957).
- [9] I. F. QUERCIA: *Circuiti elettronici per la misura dinamica di una radio frequenza rapidamente variabile* (Rel. int. no. R 14, 21 Luglio 1957).
- [10] I. F. QUERCIA: *Electronic apparatus for the measurements of dynamic fields* (Rel. int. no. M 72, 26 Giugno 1958).
- [11] *Esperienze in progetto per l'elettrosincrotrone*. - I. Verbale della riunione tenutasi a Roma presso l'Istituto di Fisica dell'Università nei giorni 1 e 2 Ottobre 1956. (Rel. Sezione Acceleratore dell'I.N.F.N.); *Esperienze in progetto con l'elettrosincrotrone*. - II. Verbale della riunione tenutasi a Roma presso l'Istituto di Fisica dell'Università nei giorni 25 e 26 Gennaio 1957 (Rel. Sezione Acceleratore dell'I.N.F.N.).
- [12] M. BENEVENTANO, U. PELLEGRINI, B. RISPOLI, G. SACERDOTI, P. G. SONA e R. TOSCHI: *A γ -ray spectrometer for energies up to 1 GeV* (Rel. int. no. AS, 9 21 Ottobre 1958); M. BENEVENTANO e A. TURRIN: *Promemoria sulla progettazione dei contatori per lo spettrometro a coppie dei laboratori di Frascati*. (Nota int. no. 4, 3 Ottobre 1958).
- [13] P. G. SONA: *Ottica degli analizzatori magnetici nell'approssimazione di Gauss. Applicazione ad un analizzatore da 100 MeV/c. Considerazioni sull'uso della tecnica del filo per la temperatura* (Nota int. n. 3, 15 Settembre 1958).

Il Centro Nazionale per le Ricerche Nucleari di Ispra.

C. SALVETTI

*Istituto di Fisica dell'Università - Milano
Centro di Studi Nucleari di Ispra del C.N.R.N.*

In una soleggiata e ventosa mattina del Marzo 1955, all'aeroporto internazionale di New York quattro signori scendevano la scaletta dell'aereo proveniente dall'Europa.

Erano quattro italiani tra i quali spiccava un signore di mezza età dallo sguardo acutissimo, dalla barbetta brizzolata, dal gestire caratteristico e vivace: sarà il Prof. GIORDANI, allora Presidente del C.N.R.N.

Questi quattro signori, fra i quali era anche il Presidente di questa nostra seduta di oggi, erano venuti in USA per esaminare quali concrete possibilità vi fossero per l'Italia di negoziare e concludere un accordo bilaterale con gli USA per l'acquisto di combustibile nucleare arricchito da utilizzare per reattori di ricerca. Si può dire che da qui abbia avuto inizio la breve storia di Ispra.

A quel tempo il C.N.R.N., che pure si dibatteva in notevoli difficoltà finanziarie, aveva già deciso in linea di massima che sarebbe stato opportuno dotare il Paese di un reattore di ricerca di una certa classe e da realizzarsi in un periodo di tempo ragionevole.

Da New York questi quattro signori si recarono a Washington e quindi visitarono i più importanti laboratori americani. Alla fine del viaggio, il loro orientamento era abbastanza chiaro: se si fosse concluso un accordo bilaterale per il combustibile, il C.N.R.N. avrebbe costruito un reattore ad acqua pesante e ad uranio arricchito.

A quell'epoca si considerò naturalmente anche la possibilità di costruire interamente in Italia un reattore sperimentale: a questo proposito desidero ricordare che era stato studiato un reattore ad uranio naturale e ad acqua pesante e che il relativo progetto era già in fase di avanzata elaborazione.

Tuttavia non si devono dimenticare due importanti fattori. La loro consi-

derazione, infatti, ci portò a quella che doveva poi essere la decisione finale del C.N.R.N., ossia di procedere alla fabbricazione in America dei componenti di un reattore ad uranio arricchito ed acqua pesante:

1) La rapidità della soluzione: il costruire i maggiori componenti in USA, importando l'acqua pesante ed il combustibile necessario avrebbe comportato un risparmio di tempo da uno a due anni rispetto ad una costruzione interamente italiana di un reattore ad uranio naturale (il moderatore avrebbe dovuto comunque essere importato, anche in questo ultimo caso).

2) A parità di potenza e quindi di consumo di combustibile, si sarebbe potuto costruire, impiegando combustibile arricchito, un reattore di flusso assai maggiore e di dimensioni e di costo molto inferiori rispetto a quello ad uranio naturale.

Si addivenne così già alla fine delle nostre trattative, ad orientarci verso un reattore del tipo di quello di Argonne, meglio conosciuto col nome di CP-5: dal C.N.R.N. ci venne affidato il compito di studiare i possibili miglioramenti e le modifiche da attuare su questo tipo di reattore al fine, soprattutto, di ottenere flussi più alti e la massima sicurezza d'esercizio.

Nel Maggio dello stesso anno venne stipulato l'accordo bilaterale con gli Stati Uniti.

Si era in tal modo spianata la via ad ulteriori passi per il proseguimento dell'iniziativa del Comitato. Si giunse così alla prima Conferenza di Ginevra, che ebbe luogo nel mese di Agosto del 1955, e i cui risultati ci furono molto utili nella fase della stesura di un pre-progetto di massima del reattore e delle relative specifiche e capitolati. Tale lavoro procedette con notevole rapidità nell'autunno dello stesso anno, in modo che alla fine del 1955 l'ing. FRANCO, oggi a capo del nostro progetto, insieme con il prof. GALLONE, attualmente Dirigente della Divisione Ricerche dell'AGIP Nucleare, poterono partire per gli USA al fine di raccogliere offerte formali per la fabbricazione dei componenti del reattore presso l'industria americana.

Successivamente, nel Gennaio del '56, con l'arrivo in USA di una seconda missione, presieduta ancora dal prof. GIORDANI, si potè, sulla base delle offerte raccolte, procedere alla scelta della ditta costruttrice: tale scelta cadde sulla « American Car & Foundry » di New York (brevemente ACF) con la quale iniziammo immediatamente trattative preliminari che dovevano concludersi poi, nell'Ottobre del '56, con la firma del contratto formale di acquisto.

Ma già nell'Aprile del 1956 si trovavano negli Stati Uniti, per la co-progettazione insieme con i colleghi americani dell'ACF, l'ing. FRANCO per il progetto generale del reattore, il dr. BRACCI per i problemi di fisica e di calcolo del reattore e il dr. BARABASCHI per i problemi dei controlli, della strumentazione e dei servomeccanismi.

Questi nostri tecnici poterono così elaborare in loco le specifiche del reattore del C.N.R.N.: essi poterono anche utilizzare l'esperienza del MIT che stava allora per costruire un reattore simile al nostro.

Nella elaborazione del progetto concettuale e delle specifiche si tennero soprattutto presenti i problemi della versatilità del reattore e della sua sicurezza, e con piena soddisfazione, si addivenne a numerosi e importanti perfezionamenti di progetto rispetto al prototipo originale CP-5 di Argonne. Ma di ciò vi parlerà più diffusamente tra breve il nostro ing. FRANCO.

Sull'altra sponda dell'oceano, ossia qui in Italia, il Comitato si era frattanto posto il problema di dove ubicare il reattore. Molte località furono prese in esame in tale occasione ma, sia per l'estensione del terreno richiesto (in quanto accanto al reattore avrebbero dovuto sorgere numerosi laboratori), sia per diverse altre considerazioni con le quali non sto a tediarVi, tale ricerca si palesò alquanto difficile e la scelta richiese qualche tempo.

Solo nell'estate del '56 si poté finalmente procedere alla scelta del terreno e successivamente al suo acquisto. Tale scelta, come Voi tutti sapete, cadde su Ispra e il nome beneaugurante di Ispra-1 fu dato al reattore.

Ispra, per chi non lo sappia, è un paese di circa 2250 anime situato sulla riva orientale del lago Maggiore, fra Angera e Laveno, a 60 km circa da Milano. Il Centro, che sorge a circa 1.5 km dalla riva del lago, si estende su un'area di circa 130 ettari.

Nell'autunno e nell'inverno 1956-'57 mentre negli Stati Uniti proseguiva la progettazione del reattore, ad Ispra si effettuarono i necessari sondaggi del terreno e si iniziò la progettazione delle prime opere del Centro con particolare riguardo all'edificio del reattore e relativi laboratori.

Purtroppo, dopo una serie di alterne vicende e di malaugurate circostanze estranee a considerazioni d'ordine tecnico, fu solo nella tarda estate del '57 che si poté dare finalmente inizio ai lavori di Ispra.

Nell'Ottobre dello stesso anno, a poco più di un anno da oggi, il C.N.R.N., allo scopo di accelerare i lavori di Ispra e di formare il primo nucleo di tecnici e ricercatori, costituì a Milano una sua propria organizzazione alla quale diede il nome di Centro Nazionale per le Ricerche Nucleari di Ispra.

La storia del Centro di Ispra è dunque relativamente breve, potendosi considerare l'Ottobre '57 la data ufficiale d'inizio della sua realizzazione.

Diversi e gravi problemi si presentarono all'inizio della nostra attività, come:

1) Costituire un nucleo di studiosi e di tecnici capaci non solo di svolgere le funzioni di puro esercizio del Centro ma di avviare anche un primo programma di ricerche del C.N.R.N.

2) Definire nei più brevi termini possibili il piano generale del Centro che ancora non era stato allestito: nessun progetto di insieme esisteva a quell'epoca salvo quello relativo all'ubicazione del reattore i cui lavori erano da poco ini-

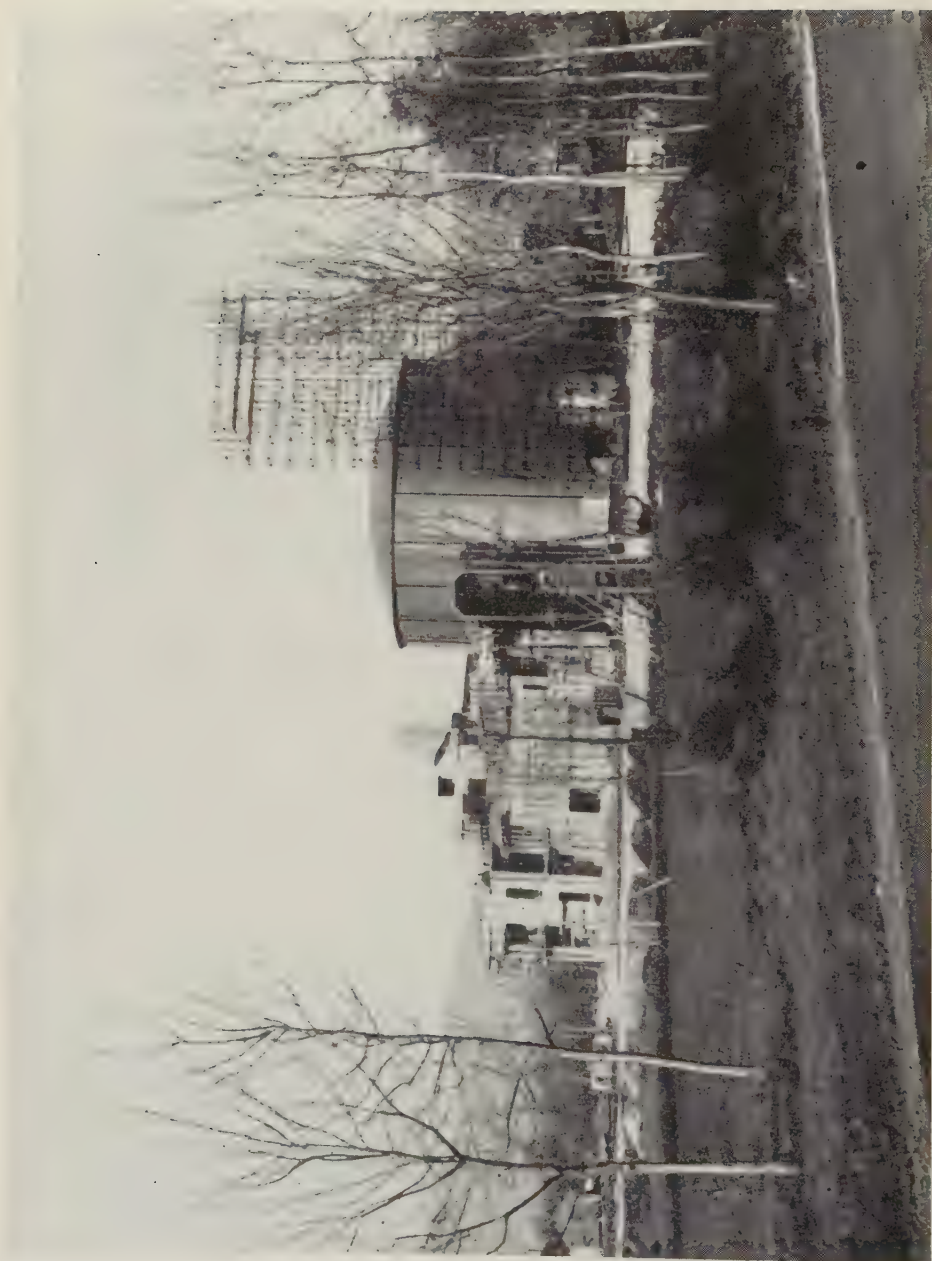


Fig. 1. — L'edificio del Reattore.

ziati: è chiaro che non si sarebbe potuto dare inizio a nessuna opera senza che si fosse configurato e definito nelle sue linee essenziali il complesso del Centro.

3) Studiare e predisporre un'organizzazione sufficientemente elastica e poco dispendiosa che consentisse di iniziare immediatamente i lavori di ricerca prima che i diversi laboratori fossero disponibili ad Ispra.

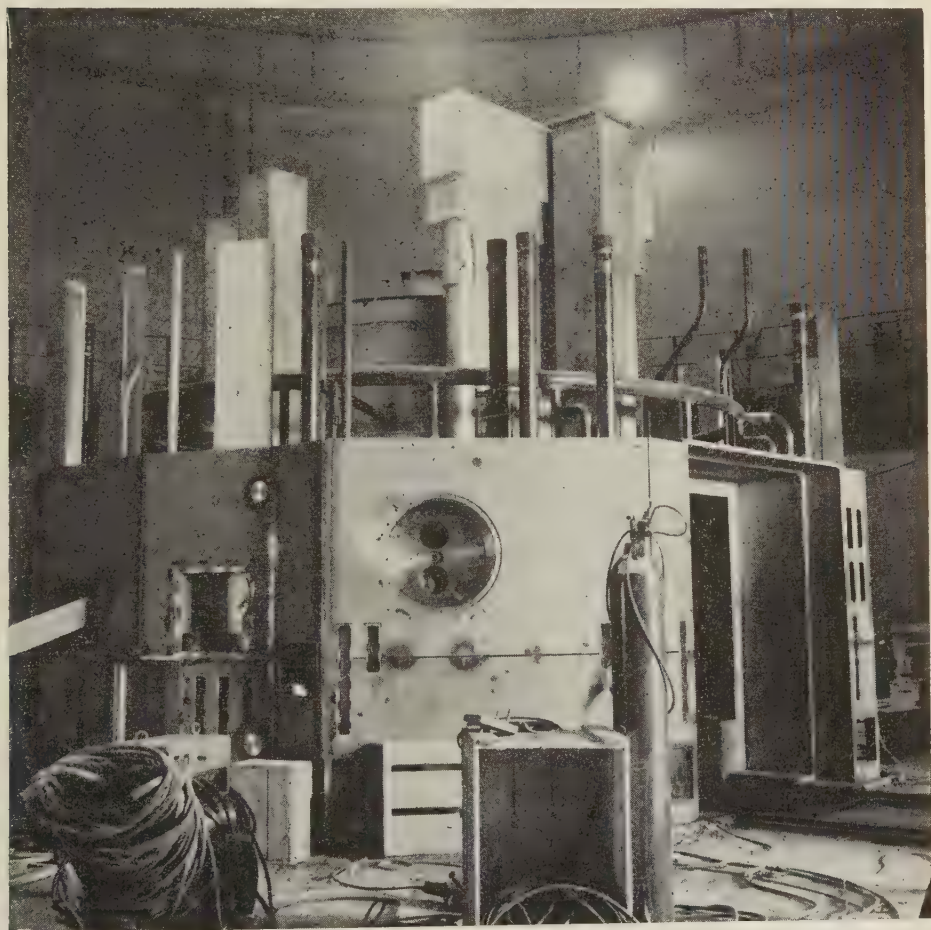


Fig. 2. — Il reattore Ispra-I in fase di costruzione.

Molte le soluzioni possibili e tutte furono esaminate e discusse con cura: ma si trattava soprattutto di fare in fretta e di fare bene.

Per quanto concerne il primo punto, ossia la formazione del primo gruppo di tecnici e ricercatori per Ispra, il lavoro svolto portò a risultati considerevoli già nei primi mesi: la prospettiva di lavorare in un Centro come quello di Ispra

e la possibilità di disporre di un reattore come quello che si andava a costruire esercitò una notevole attrazione su fisici, ingegneri, chimici, biologi, soprattutto fra i giovani.

Il Centro si accrebbe così via via di personale scelto e qualificato: il problema che si pose allora fu quello di dare a questo personale la possibilità di lavorare a mano a mano che esso veniva assorbito dal Centro, in attesa che fosse costruito un minimo di laboratori e di servizi nei quali poter operare ad Ispra. Scartata immediatamente l'eventualità di tenere per lunghi mesi di attesa questo personale inchiodato a tavolino in uno stato di attività ridotta, si preferì adottare altre soluzioni, come quella di costituire nella stessa Milano un certo numero di laboratori provvisori e di inviare parte del personale all'estero presso centri stranieri operanti nello stesso campo.

I laboratori temporanei vennero costituiti sia presso Università, sia prendendo in affitto locali cittadini. I nostri ricercatori attualmente sono perciò per la maggior parte distribuiti in laboratori diversi: così per esempio l'Istituto di Fisica dell'Università di Milano ospita il Laboratorio Elettronico mentre il Gruppo Chimica delle Radiazioni è ospite dell'Istituto di Chimica della stessa Università; parte del gruppo Fisica dei solidi è ospite presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Pavia. A tutti questi Istituti che hanno accettato di accogliere temporaneamente i nostri gruppi di ricerca va il nostro ringraziamento. Altri gruppi di ricerca, come dicevo, sono distribuiti in locali temporaneamente presi in affitto in città in attesa del trasferimento ad Ispra: così il Gruppo di Metallurgia ha sede a Taliedo in un capannone delle officine ex Caproni e altrettanto dicasi dei reparti Radioelementi, Chimica Calda, Fisica Nucleare e Fisica del Reattore, sistemati in locali contigui: tutti gli altri reparti dei quali Vi parlerò tra breve sono anch'essi distribuiti in altre cinque sedi cittadine diverse. Naturalmente questo decentramento dei gruppi ha creato problemi organizzativi non indifferenti.

Quanto ai ricercatori all'estero ricorderò che personale di Ispra si trova attualmente o è in procinto di recarsi presso i centri di: Argonne, Oak Ridge, Brookhaven, Chalk River, Harwell, Saclay, Mol.

Il personale del Centro ammonta ora a circa 350 unità distribuite nei seguenti servizi: Fisica dei Reattori – Calcolo dei Reattori – Reattore – Ingegneria dei Reattori – Servomeccanismi e Controlli – Elettronica – Radioelementi – Fisica dei Solidi – Fisica Nucleare – Chimica Calda – Chimica delle Radiazioni – Fisica Sanitaria e Strumentazione Nucleare – Metallurgia e Chimica Industriale – Biologia – Servizio Medico – Documentazione. Una quarantina di persone fanno parte del solo Ufficio Tecnico che si occupa della progettazione dei fabbricati ed impianti di Ispra e ne cura l'esecuzione: di esso parlerò tra breve. A questi gruppi si aggiungono gli indispensabili servizi generali ed amministrativi.

Sarebbe troppo lungo e il tempo concessomi e l'ora tarda non lo consentirebbero, elencare dettagliatamente i programmi di ricerche del Centro.

Mi limiterò ad eccennare ad alcune delle nostre attività di ricerca chiedendo venia per le omissioni che dovrò fare.

Col reattore si effettueranno soprattutto ricerche di ingegneria nucleare, fisica nucleare, fisica dello stato solido, chimica e produzione di radioisotopi.

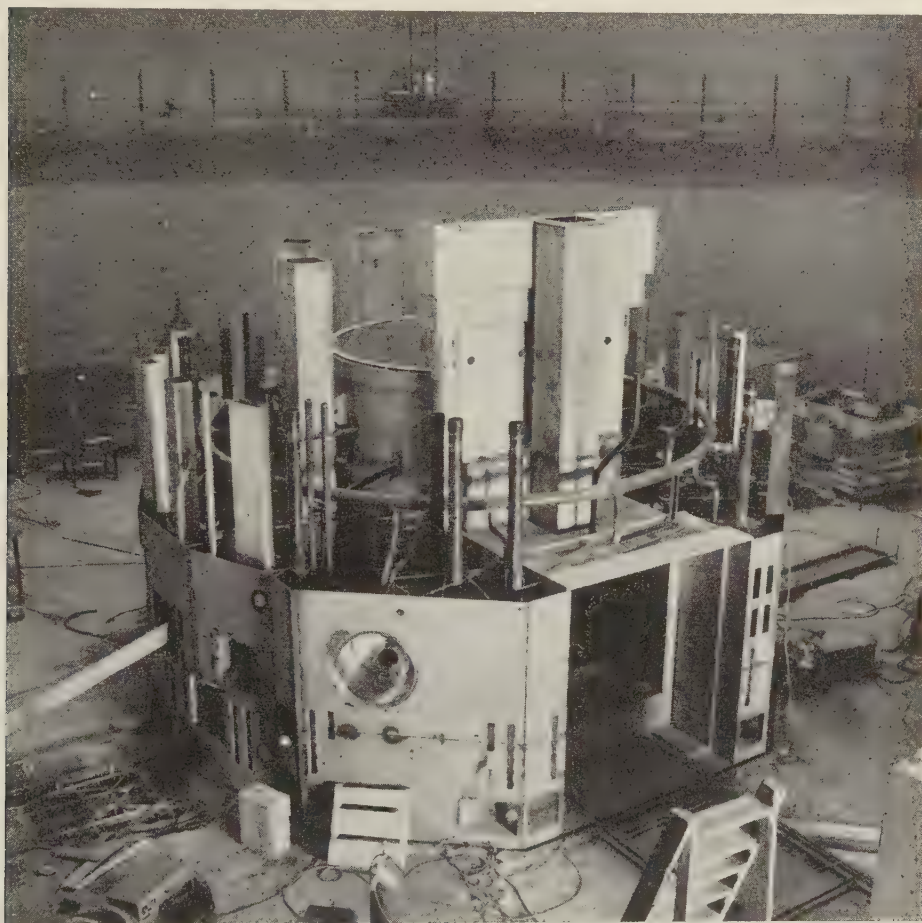


Fig. 3. - Il reattore Ispra-I in fase di costruzione.

Il nostro reattore avrà grandi volumi sperimentali in zone di flusso piuttosto elevato: esso è perciò particolarmente idoneo per esperienze di ingegneria nucleare come per esempio sperimentazione con i cosiddetti « loops » tecnologici, ossia circuiti contenenti elementi di combustibile e fluidi refrigeranti diversi. Tali loops, inseriti in opportuni canali del reattore, consentiranno di ottenere preziose informazioni sul comportamento degli elementi di combustibile, in

condizioni molto vicine a quelle reali di impiego in un reattore: si potranno tra l'altro ottenere preziose informazioni sulle caratteristiche termiche, meccaniche, idrodinamiche, nucleari, strutturali e di resistenza alle radiazioni degli elementi di combustibile e dei fluidi refrigeranti.

Nel campo della fisica nucleare ci saranno particolarmente utili due grosse apparecchiature da affiancare al reattore, che sono attualmente in fase di avanzata progettazione. Si tratta di un selettore rapido per neutroni veloci, e di uno spettrometro a cristallo; quest'ultimo progettato presso l'Università di Roma da un gruppo facente capo al Dr. CAGLIOTI, è già stato ordinato all'industria nazionale.

La fisica del reattore sarà pure assai sviluppata e a questo servizio è stato chiesto, tra l'altro, di effettuare le misure fisiche preliminari sul reattore Ispra-1, come per esempio: rilevamento delle mappe dei flussi di neutroni termici e veloci nel core e nei canali sperimentali, effetti della temperatura, dei veleni, dei vuoti sulla reattività, ecc.

È nostra aspirazione poter un giorno disporre ad Ispra, in aggiunta e a completamento del reattore, di una sorgente di neutroni ad alto flusso del tipo di quelle ottenibili per esempio mediante acceleratori lineari per elettroni: ricordo per inciso che ad Harwell esistono diversi acceleratori di questo tipo.

Il reattore potrà produrre anche radioisotopi in quantità considerevoli e il gruppo radioelementi di Ispra si sta preparando a tale scopo mentre ora conduce una serie di ricerche sulla fisica dei radioelementi.

In fase di avanzata elaborazione è anche il programma del gruppo di Fisica dei Solidi che sarà soprattutto orientato verso gli studi di «radiation damage».

Desidero ricordare che accanto al reattore sorgerà una grande cella per l'irraggiamento γ che utilizzerà gli elementi di combustibile esauriti dopo il loro impiego nel reattore: in questa «cella γ » si potranno condurre non solo ricerche nel campo della chimica delle radiazioni, ma anche sviluppare attività applicative connesse con i problemi di sterilizzazione di materiali farmaceutici e di conservazione degli alimenti: problema quest'ultimo di grande attualità in un paese, come il nostro, che oltre ad essere ricco di prodotti alimentari stagionali, ha una densità di frigoriferi domestici fra le più basse d'Europa.

Passando ad altri settori desidero qui menzionare solo di sfuggita, perchè Ve ne parlerà fra breve il prof. CACCIARI, che il nostro reparto metallurgico ha costruito un impianto per la produzione di uranio metallico della potenzialità di 40 kg al giorno e sta ora attrezzandosi per la produzione di elementi di combustibile sperimentale di tipo e di forme diverse: da quelli tipo Calder Hall a quelli a lamine. La sperimentazione completa su elementi di combustibile diversi, anche a mezzo della tecnica dei «loops» alla quale dianzi accennavo, e da effettuare congiuntamente fra i gruppi di Metallurgia e Ingegneria del Reattore, penso che costituirà una delle principali attività pel nostro Centro

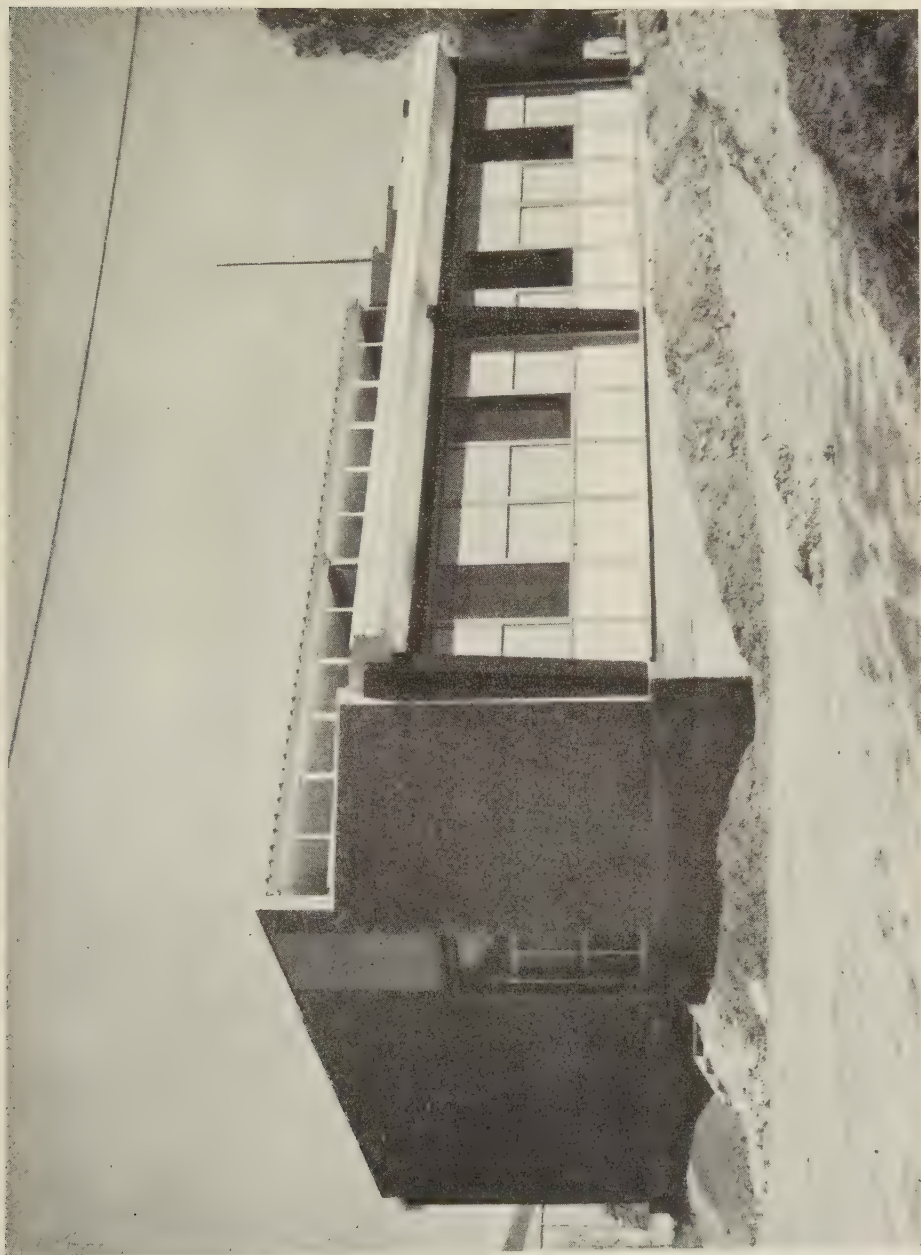


Fig. 4. Laboratorio tipo.

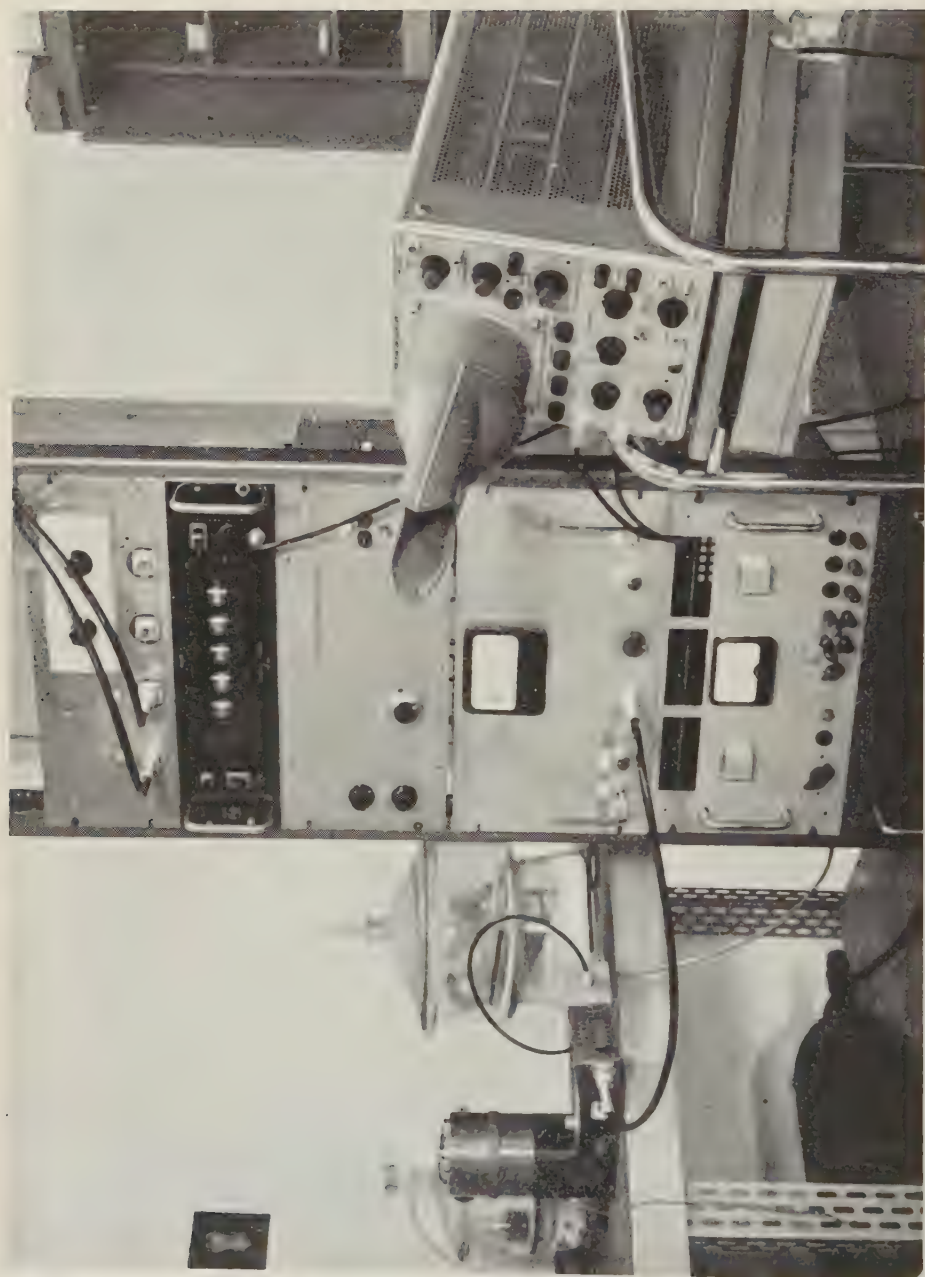


Fig. 5. — Laboratorio radioelementi.

nei prossimi anni. Una delle considerazioni che emergono infatti dalla recente Conferenza di Ginevra è che la riduzione dei costi del kWh di origine nucleare andrà di pari passo con il progresso che si sarà capaci di realizzare nel campo degli elementi di combustibile.

Il nostro gruppo di Chimica Calda, oltre a proseguire attivamente nella progettazione dei lavoratori caldi di Ispra, sta procedendo, nei suoi laboratori provvisori di Milano, alle prime sperimentazioni di base sui diversi cicli di « reprocessing » sugli elementi di combustibile.

Un particolare posto sarà naturalmente riservato ad Ispra alla Chimica del Plutonio e dei transuranici. Le prime ricerche sul Pu stanno per avere inizio in questi giorni a cura del nostro gruppo radioelementi.

Il gruppo Servomeccanismi e Controlli ha quasi ultimato un importante simulatore analogico per reattori la cui particolarità consiste soprattutto nel potervi inserire dati nucleari, fisici e termici, relativi ai più svariati tipi di reattori: il gruppo sta anche progettando un manipolatore di grandi dimensioni completamente telecomandato, di tipo Argonne, per il quale ha già risolto il difficile e importante problema del « feeling » ossia della trasmissione, attraverso circuiti opportuni, della sensibilità o meglio della sensazione di presa delle mani di acciaio di questo « robot » che, per usare il linguaggio degli americani, dovrà essere un fedele ed ubbidiente « schiavo del padrone »...

Il nostro laboratorio di Eletttronica oltre ad avere soddisfatto parecchie delle richieste degli altri gruppi ha anche messo a punto alcuni prototipi completamente transistorizzati che hanno destato un certo interesse fra i costruttori italiani.

Desidero infine ricordare il non facile compito del nostro servizio di Fisica Sanitaria che condivide, col Servizio Sanitario, la pesante responsabilità di proteggere dalle radiazioni il personale del Centro. A questo gruppo è inoltre affidato il problema di monitoraggio delle diverse unità e quello delle misure radioattive sia all'interno che all'esterno dei laboratori e del Centro. Da oltre un anno, ossia dalla sua costituzione, esso va inoltre raccogliendo dati e misure sul fall out atmosferico e a tal fine ha fra l'altro allestito un autocarro completamente attrezzato per misure di radioattività, dotato di apparecchiature originali che hanno destato il più vivo interesse fra i delegati di diversi Paesi, alla recente Esposizione Scientifica organizzata in occasione della Conferenza di Ginevra.

Ho potuto accennare qui solo ad alcune delle realizzazioni e ad alcuni dei programmi di ricerca del nostro Centro, il quale dovrà essere soprattutto un Centro di ricerche applicate nel campo dell'energia nucleare, ma che non potrà certo trascurare alcuni fra i più importanti aspetti della ricerca cosiddetta fondamentale nel campo della fisica delle basse e medie energie.

Contemporaneamente alla definizione dei programmi di ricerca si dovettero impostare i programmi di costruzione del Centro. Come dicevo dianzi fu neces-

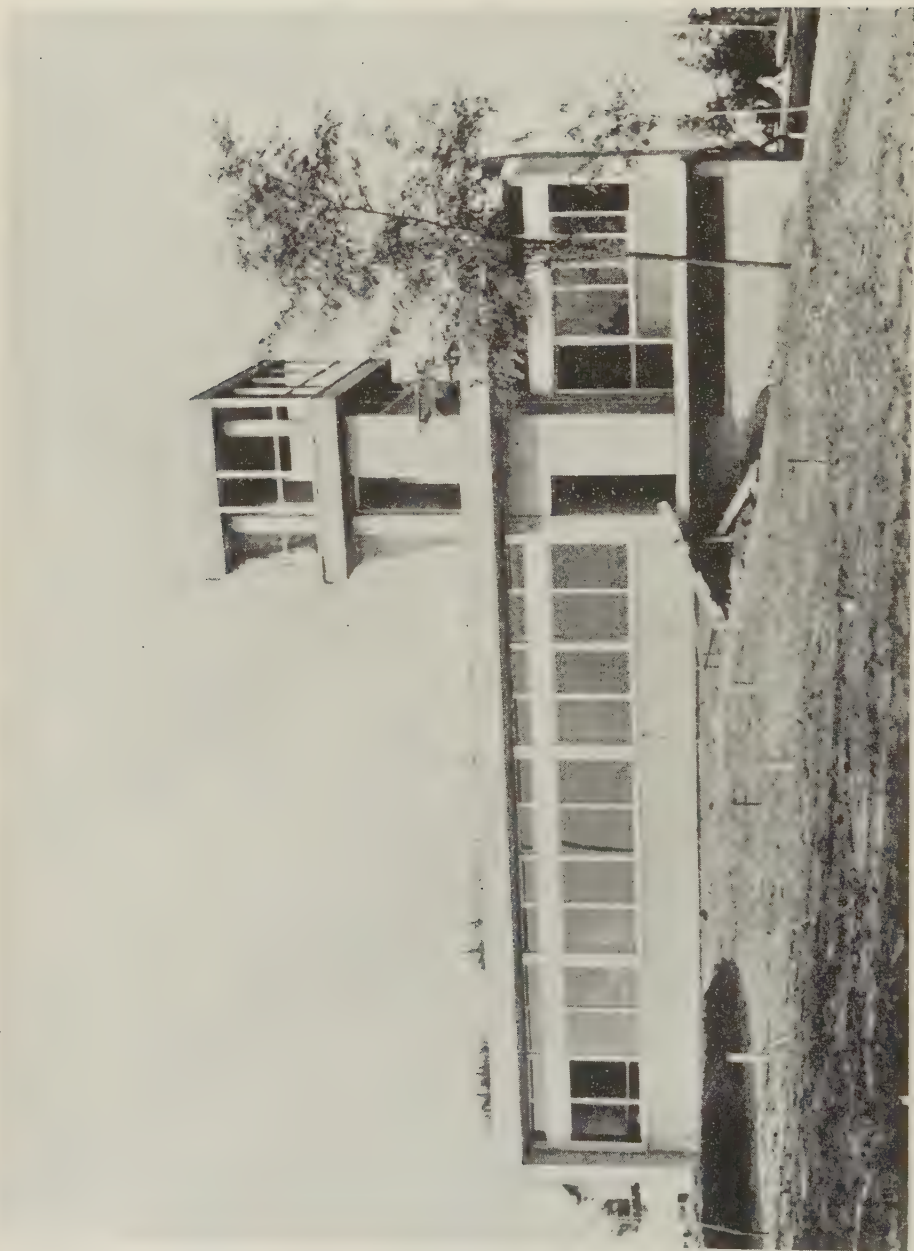


Fig. 6. — Osservatorio meteorologico.

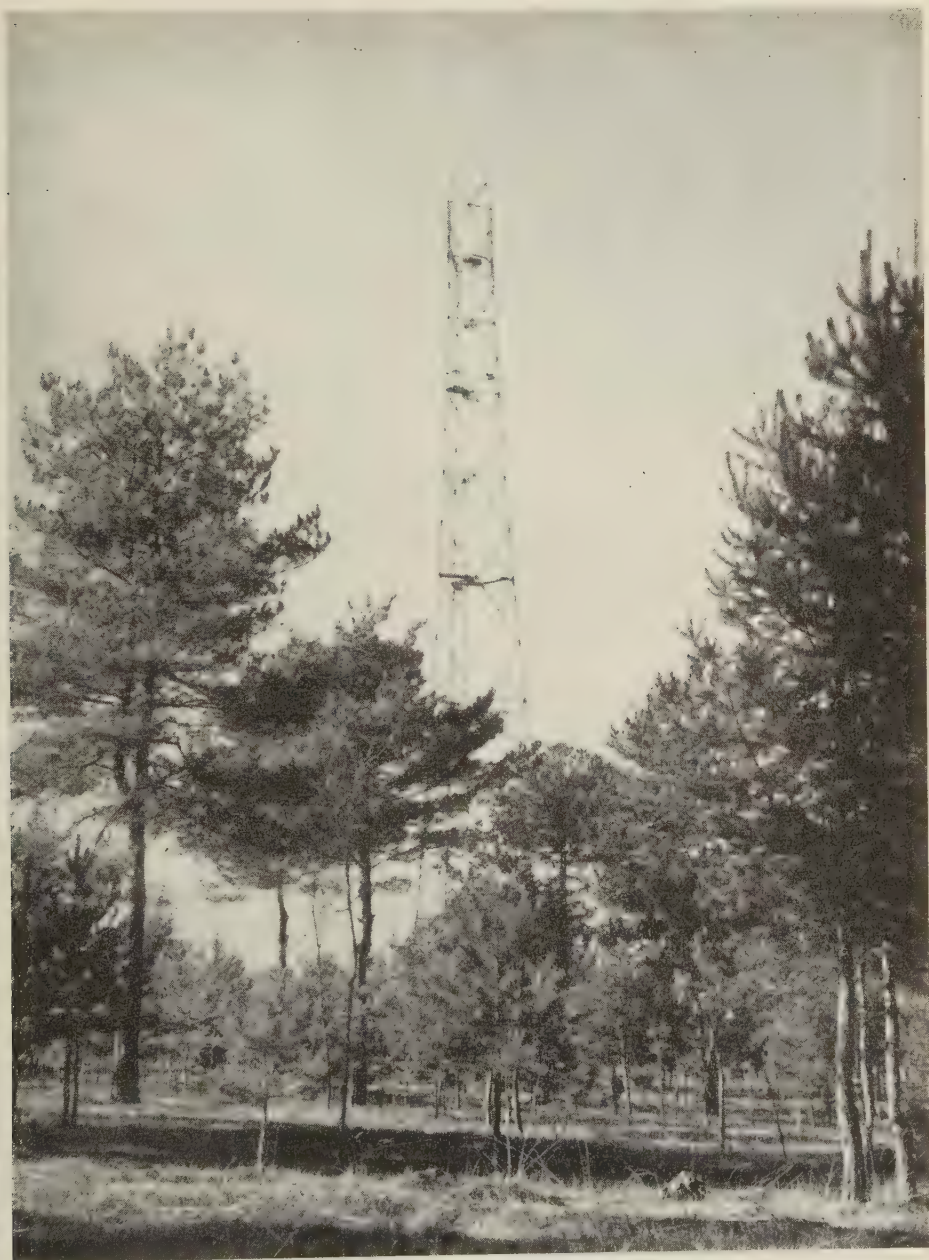


Fig. 7. - Torre meteorologica in costruzione.

sario, in primo luogo, definire un chiaro piano regolatore del Centro senza il quale non si sarebbero potute iniziare le costruzioni delle opere particolari. Venne allo scopo costituito un apposito Ufficio Tecnico, che affrontò decisamente il problema: i nostri ingegneri e architetti visitarono dapprima i principali centri europei di ricerca e si misero quindi subito al lavoro. Il loro compito non era facile poiché vi era tutto da fare: la vicinanza del lago maggiore e di centri di notevole interesse turistico ponevano inoltre alcune limitazioni. Fu quella la fase più delicata del loro lavoro: in un Centro della vastità di Ispra non si può infatti, una volta iniziata un'opera avere pentimenti o ricorrere a modifiche. Fu necessario quindi, mentre ancora non si conosceva l'entità e la consistenza che avrebbe assunto il Centro, procedere alla sua progettazione di insieme e particolare: si tracciarono strade, si ubicarono gli edifici, si progettaron le reti di servizi generali (acqua, luce energia elettrica, scarichi, fognature, rete idrica e di riscaldamento, ecc., ecc.) e si cercò di definire le diverse esigenze dei vari gruppi, le loro necessità di spazio, di fabbisogni idrici ed elettrici, ecc., mentre si andavano via via concretizzando i programmi del Centro. Fu un lavoro improbo e solo la pazienza e l'abilità dei nostri architetti e ingegneri fece sì che a un certo punto si potè finalmente « congelare » l'intero progetto del Centro.

Si trattava per i nostri progettisti di « estrarre », per così dire, dai vari ricercatori, gli elementi necessari per la progettazione: a chi non abbia esperienza diretta in proposito, posso dire che fu questa una delle fasi più laboriose della nostra attività, fase quanto mai delicata perchè le opere civili e gli impianti non ammettono, come dicevo, pentimenti una volta iniziati mentre il ricercatore, per sua natura, insegue spesso obbiettivi di perfezione che mal si conciliano con le esigenze costruttive e contrattuali di una « time schedule ».

Attualmente lo stato dei lavori ad Ispra è grosso modo il seguente: la rete varia in avanzato stato di costruzione, l'edificio del reattore praticamente finito e, come vedrete fra breve, il reattore stesso in fase di costruzione avanzata, l'edificio adiacente al reattore completato al rustico, in via di ultimazione il magazzino generale e la mensa, servizi questi indispensabili per l'inizio dell'attività ad Ispra; pure in stato progredito di costruzione la stazione e la torre meteorologiche, destinate alla raccolta di dati indispensabili in fase di esercizio del reattore; in via di costruzione i laboratori di Elettronica, Fisica Nucleare, Servomeccanismi e Controlli, Fisica Sanitaria, Geomineraria, Fisica del Reattore, Ingegneria del Reattore, Chimica delle Radiazioni, officina e vasto capannone destinato ad ospitare le esperienze di tecnologia e di ingegneria del reattore. Stanno per essere ultimati tre corpi di fabbricati con quarantadue appartamenti destinati a quel personale la cui presenza potrà venire richiesta anche nelle ore notturne e che potrà pertanto risiedere nelle immediate vicinanze del Centro.

Tutto ciò è stato fatto in 13 mesi di lavoro: sia poco o tanto non sta a me giudicare. Una cosa voglio aggiungere: nulla di ciò si sarebbe potuto fare senza

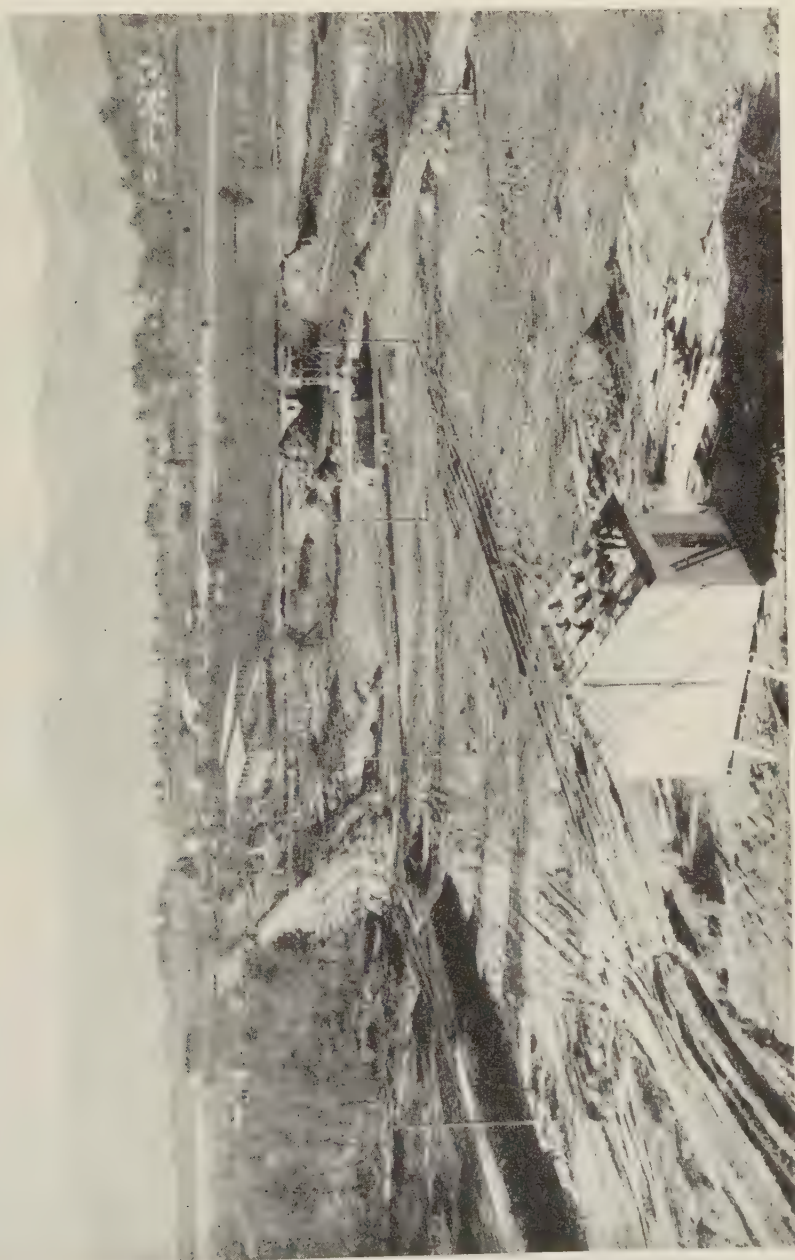


Fig. 8. - Viale dei laboratori.

la costante e appassionata comprensione del Comitato che attraverso il suo Presidente Senatore FOCACCIA, i suoi Vice Presidenti AMALDI e ANGELINI, il suo infaticabile e dinamico Segretario Generale, IPPOLITO, e tutti indistintamente i suoi membri, ha non solo saputo reperire (e come ben sapete in condizioni particolarmente difficili) i mezzi finanziari per iniziare questa opera, ma ci ha costantemente confortato del suo appoggio al fine di dotare il Paese di un moderno Centro di propulsione e di sviluppo nel campo dell'Energia Nucleare.

Lavori di costruzione del reattore Ispra-I.

G. FRANCO

Centro di Studi Nucleari di Ispra del C.N.R.N.

Sono molto onorato di essere stato incaricato di presentare, in occasione di questo XLIV Congresso Nazionale di Fisica ed in questa Sede, una relazione sui lavori pertinenti al Reattore Ispra-I.

Il tempo limitato mi costringe purtroppo a fornire solamente una rapida descrizione degli aspetti più particolari di tali lavori. Spero ad ogni modo, che le diapositive che verranno poiettate possano colmare, almeno in parte, le inevitabili lacune presenti nel testo.

Il prof. SALVETTI ha dianzi illustrato le diverse fasi che hanno portato alla scelta del tipo di reattore e delle relative caratteristiche, alla stesura delle specifiche contrattuali ed alla successiva elaborazione del progetto preliminare.

Dall'approntamento di tale progetto, sono stati spesi circa 14 mesi per l'esecuzione del progetto costruttivo ed anche in tale fase è continuato il sostanziale contributo di lavoro da parte dei Tecnici inviati negli Stati Uniti per conto del Comitato Nazionale per le ricerche Nucleari.

Il tempo impiegato per tale progetto può dare un'idea della complessità dell'impianto.

Il reattore Ispra-I è del tipo eterogeneo ad elementi combustibili a lamine, tipo MTR, moderato e refrigerato ad acqua pesante, con riflettore in grafite.

Il combustibile è costituito da uranio arricchito al 20 % circa. La potenza termica è di 5 MW.

I canali sperimentali comprendono:

- una trentina di canali orizzontali e verticali con diametri fino a 30 centimetri, passanti e non passanti attraverso il riflettore ed il moderatore.
- due canali passanti per la produzione di isotopi.
- quattro rabbits di tipo pneumatico.

Il Reattore è inoltre dotato di una colonna termica con porte mobili di schermo in piombo ed in boral. Maggiori dettagli sulle caratteristiche del Reat-

tore sono contenuti, ad ogni modo, in un nostro rapporto presentato quest'anno alla Conferenza di Ginevra.

I lavori di costruzione ad Ispra del reattore sono iniziati il 16 Maggio scorso appena lo stato di avanzamento dei lavori del relativo edificio, ora praticamente ultimato, ha permesso di mettere in opera le strutture di supporto del reattore.

A tutt'oggi, lo stato di avanzamento totale dei lavori del reattore è valutato ad oltre il 50% sicchè, su tale base, si può prevedere di ultimarli verso la prossima primavera.

Naturalmente, come del resto capita anche nel caso di impianti convenzionali, la data prevista per l'ultimazione dei lavori è solo indicativa dati i possibili imprevisti che si potrebbero verificare nel corso dei lavori e dei collaudi, specie trattandosi di una macchina che presenta anche nella fase di costruzione, oltre che nel progetto, delle caratteristiche molto particolari.

È appunto su queste caratteristiche che desidero soffermarmi prima di passare alla proiezione delle diapositive, caratteristiche che, da un punto di vista costruttivo, sono imposte:

- 1) Dai materiali speciali impiegati nel reattore.
- 2) Dalle particolari tecnologie richieste in fase di costruzione in cantiere.
- 3) Dalle tolleranze minime imposte sulle dimensioni di numerose parti del reattore e sulla loro posizione finale in opera.
- 4) Dalla delicata e complessa natura intrinseca di molte delle parti suddette.

L'impiego di acqua pesante quale moderatore e refrigerante, di grafite nuclearmente pura come riflettore e di elio estremamente puro quale atmosfera inerte di detto riflettore e sui vari peli liberi dell'acqua pesante e quale carrier dei relativi prodotti di dissociazione radiolitica che debbono esser ricombinati, impongono nelle varie lavorazioni condizioni di pulizia e norme di lavoro estremamente severe.

Tutte le parti costituenti i circuiti dell'acqua pesante, vale a dire scambiatori di calore, tubolature, valvole, filtri, raccordi, ecc. debbono essere, prima della messa in opera, singolarmente pulite con opportuni composti ed infine lavate con acqua distillata per evitare la benchè minima possibilità di contaminazione dell'acqua pesante.

Durante le saldature vengono adottati inoltre speciali accorgimenti per impedire che le particelle indesiderate rimangano all'interno dei circuiti.

Quando i circuiti saranno completati si provvederà a lavare ripetutamente con acqua distillata l'intero sistema fino ad accertarsi della sua perfetta pulizia mediante controllo della purezza dell'acqua all'inizio ed alla fine di ogni lavaggio.

Il sistema sarà quindi vuotato ed essiccato sotto vuoto in modo da eliminare le tracce di acqua normale che comporterebbero una riduzione della concentrazione isotopica nell'acqua pesante con conseguente peggioramento delle prestazioni del reattore. A tale proposito può essere interessante ricordare che riteniamo di limitare il valore della variazione della concentrazione isotopica dell'acqua pesante, dopo il caricamento nel sistema, intorno all'1/10.000.

Sempre allo scopo di evitare nel modo più assoluto la possibilità di diluizione della concentrazione isotopica del moderatore, sono stati eseguiti diversi e laboriosi collaudi per controllare la perfetta tenuta tra i fasci di tubi (alcune migliaia) e le piastre tubiere degli scambiatori di calore tra l'acqua pesante e l'acqua normale fluente nel circuito secondario di refrigerazione.

L'intero circuito dell'acqua pesante, eccetto le parti che intervengono, quali assorbitori, nel bilancio dei neutroni sostenenti la reazione a catena, è in acciaio inossidabile. Date le note difficoltà nella saldatura dell'acciaio inossidabile e la necessità di garantire una perfetta e duratura tenuta dei circuiti, le saldature in opera sono state ridotte al minimo indispensabile. Gran parte dei circuiti è stata quindi saldata fuori opera e ciò ha comportato una molto precisa tracciatura dei circuiti per ovvie ragioni di montaggio.

Ad ulteriore garanzia, tutti i saldatori sono stati sottoposti a lunghe severe prove fino a poterli qualificare secondo le norme ASME.

Inoltre, tutte le saldature eseguite in opera e fuori opera sono state controllate con il noto metodo a fluido penetrante.

Saldature di particolare importanza sono state anche radiografate e gli interi circuiti saranno infine provati idraulicamente e con elio rilevando le eventuali fughe con uno spettrometro di massa (GEC).

Per i circuiti dell'elio del sistema dell'acqua pesante, sono stati adottati accorgimenti analoghi a quelli dianzi illustrati.

Per quanto riguarda la lavorazione della grafite del riflettore (oltre 20 t), già di per sé complessa dati i numerosi canali sperimentali che l'attraversano, saranno prese le massime precauzioni per evitarne la contaminazione con sostanze indesiderate. In particolare, la lavorazione verrà effettuata in un locale provvisorio già costruito vicino al reattore e collegato a questo attraverso l'apertura della colonna termica ed un tunnel. Nel locale sarà mantenuta una leggera sovra-pressione rispetto all'edificio in modo da evitare l'ingresso di polvere. Particolari cautele saranno prese perchè gli operai entrando nel locale non introducano polvere od altro di indesiderato.

Apposite dime da noi preparate permetteranno di tracciare e sagomare i vari blocchi di grafite con la precisione richiesta.

Per migliorare la trasmissione del calore che si genera nella grafite, al boral che riveste interamente lo schermo termico verrà colato uno strato di piombo.

Non mi resta ora che accennare al fatto che la quasi totalità dei componenti del reattore vero e proprio, compresi anche componenti di grosso ingombro,

del peso di diverse decine di tonnellate e relativamente deformabili, non solo hanno richiesto una precisa lavorazione in fase di fabbricazione ma hanno dovuto essere sistemati in opera, messi alla prevista elevazione ed orientati rispettando tolleranze minime.

Tali operazioni di centraggio, effettuate con i più moderni strumenti, hanno dovuto essere ripetute varie volte allo scopo di controllare e correggere anche i minimi spostamenti indotti dalle numerosissime saldature colleganti le diverse parti.

La necessità di una precisazione elevata è dovuta oltre che a ragioni funzionali della macchina come strumento di ricerca, a ragioni costruttive. Esistono infatti, entro un'area di circa 20 m² appena, alcune centinaia tra tubi, maniche e condotte di varie dimensioni che potrebbero dare origine a interferenze alle quali sarebbe molto difficile e costoso porre rimedio in quanto una volta colato il calcestruzzo dello schermo biologico si è vincolati alla posizione dei tronchi inferiori che rimangono qui affogati. È opportuno ricordare che per la determinazione del dosaggio optimum dei vari costituenti il calcestruzzo dello schermo biologico e della tecnica di colata si sono rese necessarie numerose esperienze di laboratorio e di cantiere. I risultati ottenuti furono così brillanti da poter ottenere un calcestruzzo di densità nettamente superiore alla densità minima richiesta di 4.5 e con ottime caratteristiche meccaniche e di colata. L'organizzazione seguita per una prima colata, ha permesso di mettere in opera ed in condizioni estremamente disagiate ben 150 t di calcestruzzo in sole 24 ore.

Va ricordato anche la necessità dei rigorosi controlli che abbiamo eseguiti su tutte le saldature ed in particolare su quelle che rimarranno per sempre inaccessibili, all'interno dello schermo biologico, che sono state controllate con il metodo a penetrazione e radiografate o con raggi X oppure per le posizioni di difficile accesso, impiegando il radioisotopo Iridio 192.

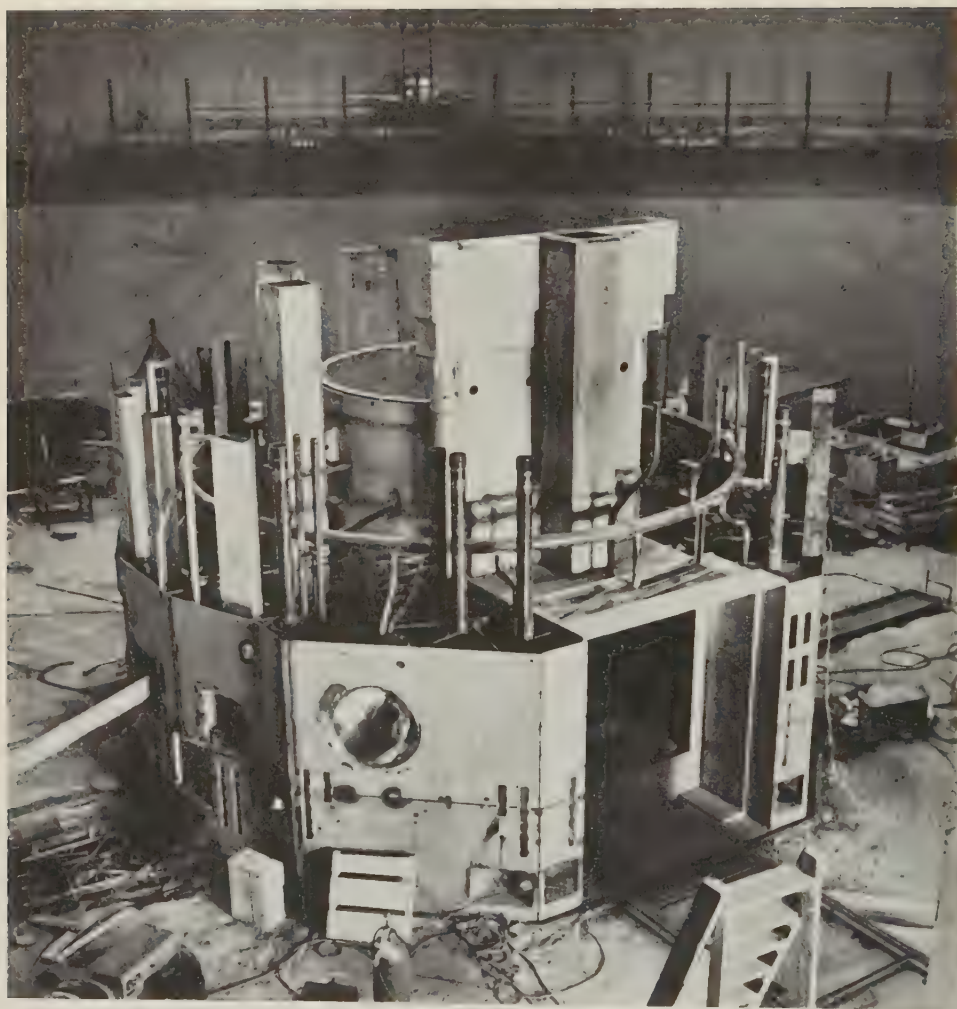
Il lavoro di installazione della strumentazione e dei controlli, sia per la parte nucleare sia per la parte convenzionale, non è ancora stato iniziato.

Non posso, dato il tempo ristretto, soffermarmi sui numerosi e complessi problemi di progetto e di costruzione alla risoluzione dei quali valido contributo ha dato il Gruppo Elettronico del Centro di Ispira. Basta ricordare che ci si è sforzati di ottenere la massima funzionalità e del sistema di controllo manuale ed automatico e del sistema di sicurezza. Funzionalità e sicurezza, del resto, hanno improntato ogni parte del reattore, dell'edificio che lo contiene, dell'edificio annesso e dei relativi impianti.

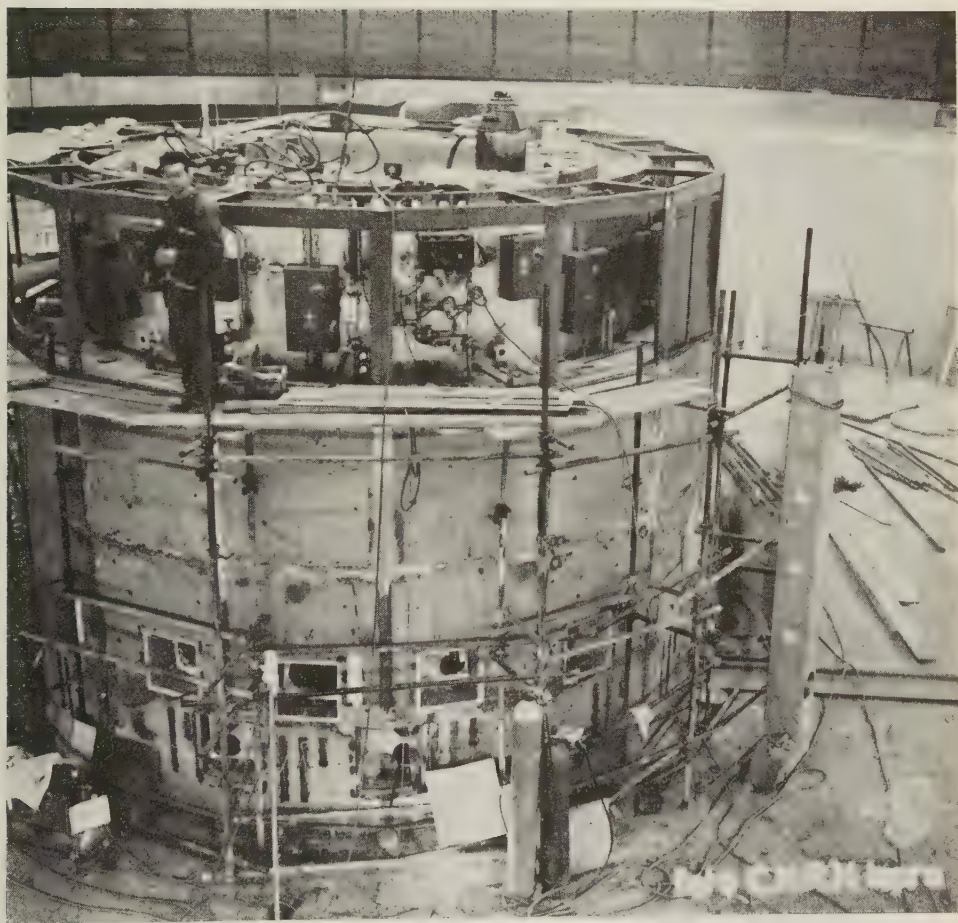
L'edificio del reattore, ad esempio, del diametro di quasi 27 metri e di altezza di circa 25 è a tenuta d'aria e resistente a 700 kg/m² in modo da garantire anche in caso di incidente il contenimento di eventuali prodotti radioattivi. Durante l'esercizio del reattore l'interno dell'edificio sarà inoltre mantenuto in leggera depressione rispetto all'esterno per escludere anche la minima possibilità di fuori-uscita di eventuale pulviscolo radioattivo.



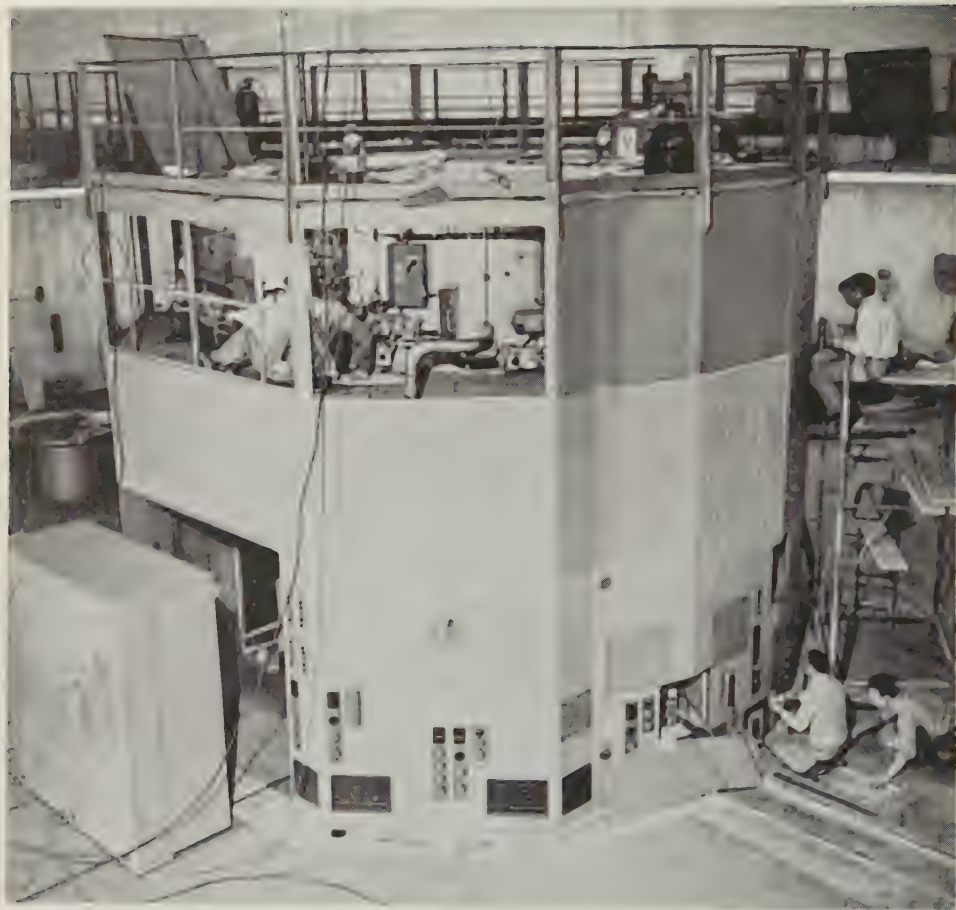
Veduta d'insieme dell'edificio del reattore e dell'edificio annesso.



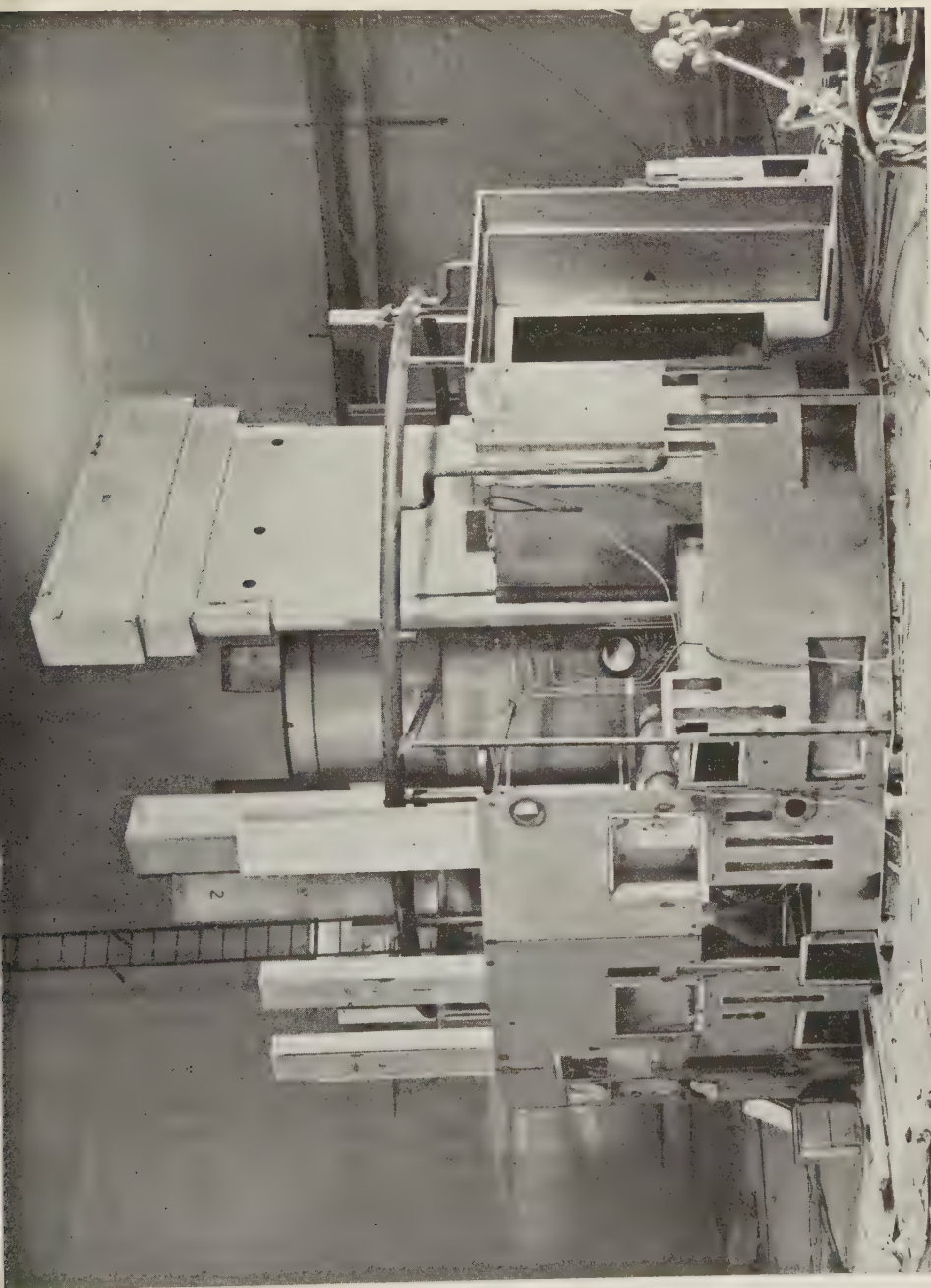
Vista generale del reattore dal lato della colonna termica e di uno dei due canali rotanti.



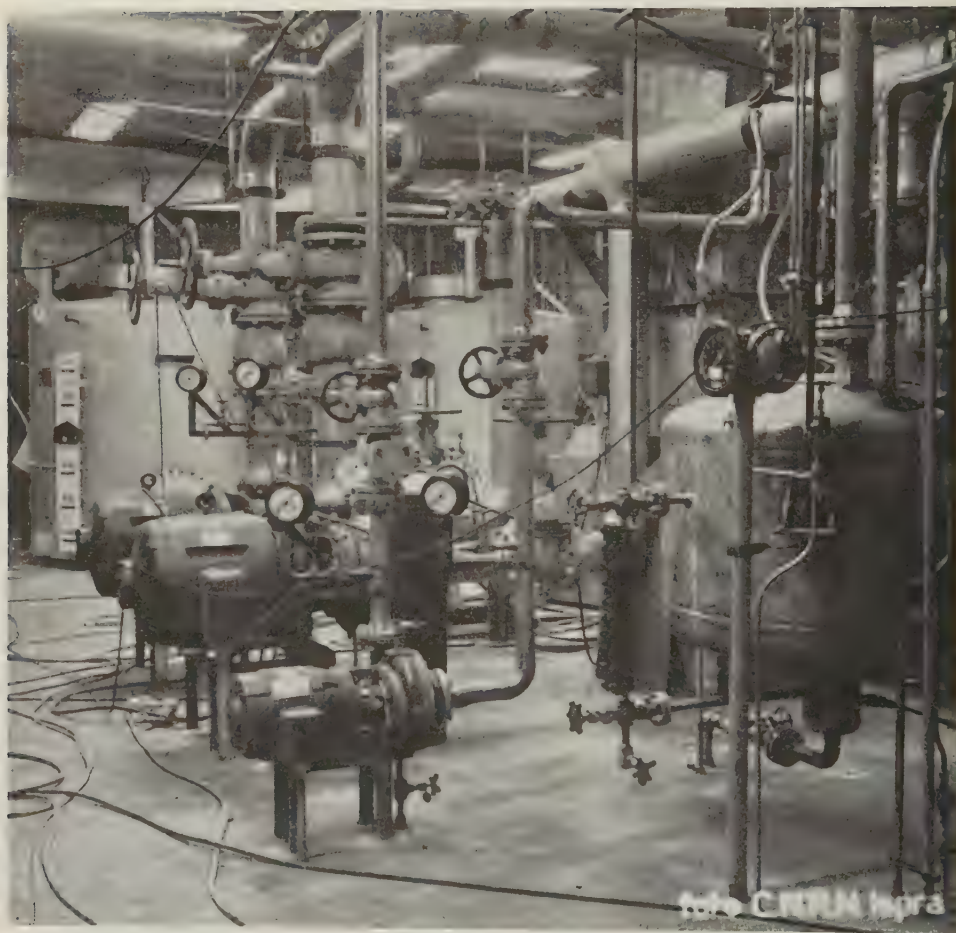
Vista d'insieme del reattore.



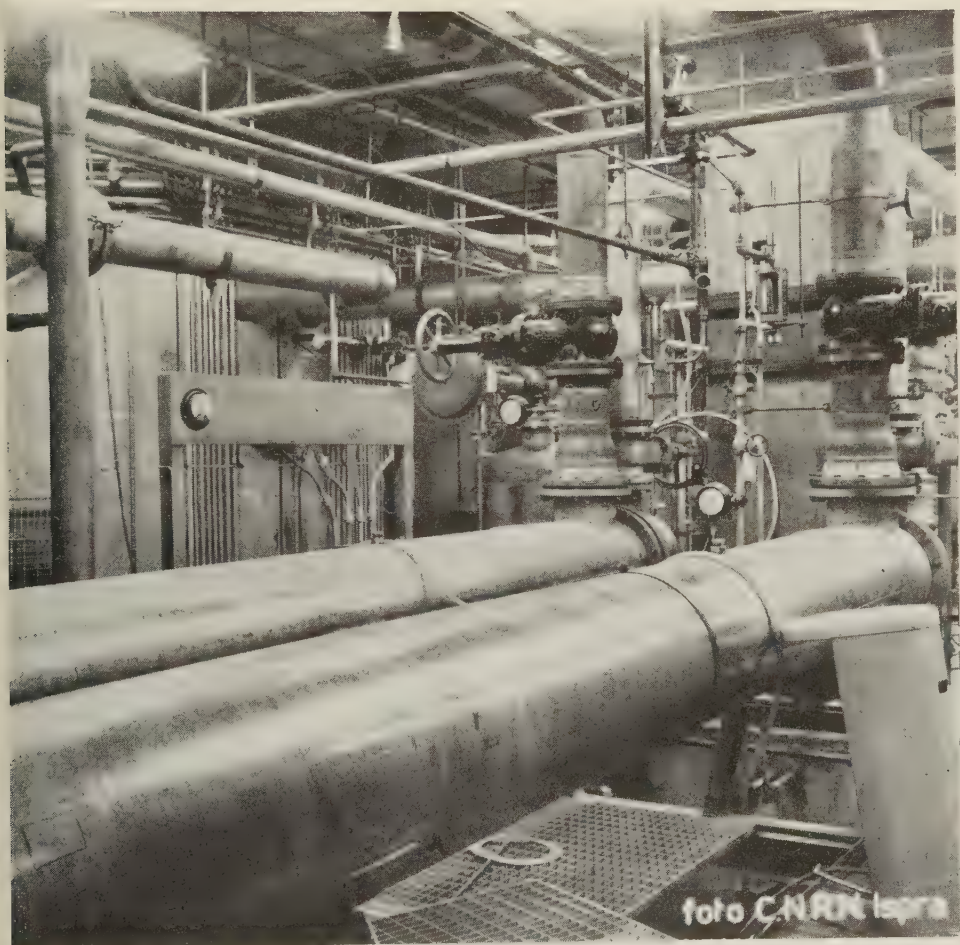
Vista del reattore dalla parte di uno dei due canali rotanti.



Vista del reattore dalla parte della colonna termica.



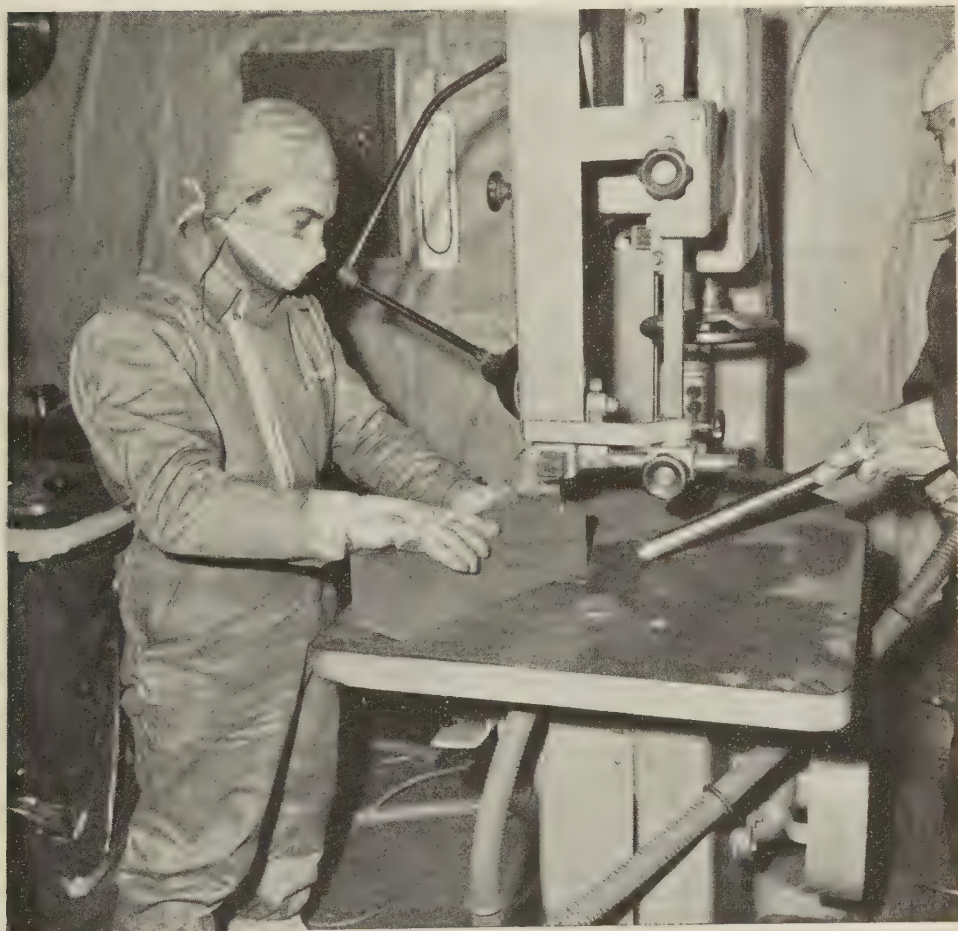
Veduta parziale della sala impianti (si notano le pompe dell'acqua pesante ed i gasometri dell'elio).



Veduta parziale della sala impianti (in primo piano gli scambiatori di calore principali).



Vista del tappo di schermo inferiore del reattore (sono visibili i tappi degli elementi di combustibile e delle barre di controllo).



Particolare lavorazione grafite.



Sistemazione della grafite del riflettore.

L'aria di condizionamento è aspirata dall'esterno e scaricata all'atmosfera attraverso una serie di filtri normali ed assoluti con efficienza del 99,99% su particelle di un micron.

Lo scarico avviene da una ciminiera alta 70 metri e può essere intercettato automaticamente in alcune frazioni di secondo mediante speciali valvole a rapida chiusura nel caso in cui i monitori di radioattività nell'edificio registrassero valori anormali.

L'accesso all'edificio del reattore si ha attraverso tre distinti tunnel posti in piani diversi e muniti di doppia porta. Ciascuna porta a tenuta d'aria, non è apribile se l'altra non è rinchiusa. Gli elementi combustibili bruciati sono trasferiti alle celle d'irraggiamento in acqua ed in aria, poste all'esterno dell'edificio del reattore, attraverso un adatto sigillo idraulico seguito da un canale profondo sei metri in modo che l'acqua fornisca la dovuta schermatura alle radiazioni generate dal decadimento dei prodotti di fissione. Le operazioni di rotazione e sostituzione degli elementi combustibili che saranno effettuate dalla sommità del reattore verranno seguite dalla sala controllo, che come già accennato è situata all'esterno dell'edificio del reattore, mediante un sistema di televisione in circuito chiuso.

La sala controllo ed altri locali e laboratori dell'edificio annesso e l'edificio del reattore saranno condizionati allo scopo di garantire buone condizioni di abitabilità per il personale e le necessarie condizioni di temperatura ed umidità per i vari strumenti e parti elettriche ed elettroniche.

Prima di chiudere questa mia breve relazione, ritengo doveroso segnalare che il lavoro di costruzione del reattore ad Ispra è eseguito esclusivamente da mano d'opera italiana fornita in economia al Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari che, a mezzo del nostro Ufficio Reattore, ha assunto e la Direzione dei lavori in cantiere e la Direzione tecnica degli stessi.

Passo ora ad illustrare alcune diapositive che potranno dare con maggiore chiarezza un'idea sull'andamento dei lavori.

La metallurgia dell'Uranio presso il Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari.

A. CACCIARI

Centro Studi Nucleari di Ispra del C.N.R.N.

Il contributo che ci si può attendere per l'avvenire dall'energia nucleare dipende non soltanto dalla disponibilità di elementi fissili o fertili ottenibili economicamente dai giacimenti minerari, ma anche dalla utilizzazione che di tali elementi viene fatta nei reattori nucleari.

È in sostanza il costo del ciclo di combustibile in un reattore nucleare che condiziona l'avvenire dell'energia nucleare.

Le voci economiche relative, com'è noto, sono quattro:

- 1) il costo del materiale fissile e delle materie prime necessarie per la preparazione di un elemento di combustibile;
- 2) il costo di trasformazione delle materie prime in elementi di combustibile;
- 3) il costo del processo chimico di rigenerazione del combustibile utilizzato nel reattore;
- 4) il costo delle operazioni connesse con la eliminazione dei residui radioattivi scaricati dai vari processi relativi alle altre voci.

Il Gruppo di Chimica Industriale e Metallurgia del C.N.R.N. costituito nell'Ottobre 1957 ed inquadrato nel Centro Nazionale Ricerche Nucleari di Ispra polarizzò il proprio programma su due categorie di problemi fra i molteplici connessi con la realizzazione di cicli di combustibile nucleare soddisfacenti.

Precisamente noi abbiamo preso in considerazione quelle tecniche che ci permettessero:

- 1) di sviluppare un procedimento di produzione di uranio adatto per la preparazione di elementi di combustibile nucleare;
- 2) di impostare e sviluppare le ricerche connesse con la preparazione di prototipi di elementi di combustibile soddisfacenti dal punto di vista economico e tecnologico e di standardizzare metodi di controllo sufficientemente avanzati per poterne prevedere un buon comportamento nel reattore.

1. - Produzione di uranio metallico.

Onde soddisfare la nostra prima esigenza, che era quella di disporre di uranio, fu deciso di realizzare un impianto pilota per la produzione di uranio metallico da concentrati grezzi.

La potenzialità dell'impianto fu scelta attorno ai kg 40 di metallo al giorno, in considerazione del fatto che un impianto di tale mole può fornire sufficienti informazioni per la costruzione di un impianto industriale.

La disponibilità immediata di sali di uranio era costituita da una partita di uranato di sodio prestato dal CEA al C.N.R.N. in base ad accordi diretti.

L'esperienza da noi acquisita nel campo della metallurgia estrattiva dell'uranio, in epoca precedente alla formazione del gruppo di chimica industriale e metallurgia del C.N.R.N., aveva mostrato quali tra le varie fasi dei processi noti fossero suscettibili di miglioramenti economici e tecnologici, portandoci alle considerazioni che seguono.

Come è noto la produzione dell'uranio metallico da concentrati grezzi viene operata attualmente secondo le informazioni ufficiali passando attraverso tre composti base: il nitrato d'uranile, il triossido di uranio ed il tetrafluoruro di uranio.

I passaggi dall'uno all'altro di questi composti base ed all'uranio metallico, ultimo anello della catena di produzione, vengono operati praticamente secondo alcune varianti, le fondamentali delle quali, dal punto di vista economico e tecnologico, riguardano l'agente fluorante e l'elemento metallico per la riduzione termica del fluoruro.

Gli agenti fluoranti utilizzati sono: l'acido fluoridrico anidro, il bifluoruro ammonico ed il freon 12; gli elementi riducenti sono: il calcio ed il magnesio metallico.

La combinazione di ogni agente fluorante con ogni elemento riducente di quelli su menzionati può costituire un tipo di procedimento di produzione.

Queste due operazioni incidono sul costo di produzione dell'uranio metallico da un sale grezzo in modo molto notevole.

Infatti l'incidenza di costo delle materie prime in corrispondenza della potenzialità minima economica di impianto è del $(40 \div 45) \%$.

Poichè il costo delle materie prime è costituito per l' $(80 \div 90) \%$ dal costo dell'agente fluorante e dell'elemento riducente, e poichè ciò vale sensibilmente per qualunque dei metodi corrispondenti, potremo affermare che:

1) il costo delle materie prime costituisce un'invariante per qualunque dei metodi noti;

2) operando con materie prima di basso costo in corrispondenza delle due fasi suddette si affetterà fortemente il costo di produzione;

3) se a tale modifica corrisponderanno anche delle semplificazioni tecnologiche si inciderà evidentemente anche su quel $(55 \div 60)\%$ di costo di produzione che è dovuto per una buona metà al capitale fisso e quindi all'impianto

Evidentemente l'invarianza dei costi delle materie prime nei vari metodi dipende dal fatto che un'economia nella scelta dell'elemento riducente è permessa solo se si può disporre di un tetrafluoruro di uranio di « alta qualità ».

E nell'espressione « alta qualità » riteniamo di poter identificare essenzialmente due proprietà:

1) alto contenuto in UF_4 che corrisponde poi più propriamente ad un basso contenuto in ossigeno combinato;

2) alta densità apparente.

In una serie di ricerche sulla fluorazione degli ossidi di uranio per via secca noi avevamo messo a punto a suo tempo un metodo di produzione di tetrafluoruro di uranio utilizzando freon 12 come agente fluorante e triossido di uranio anidro come prodotto di partenza.

Il prodotto risultante, data l'alta qualità, era facilmente riducibile a metallo con Mg; tuttavia il costo di produzione era notevole se pure comparabile con quelli degli altri processi noti.

Una seconda serie di ricerche sviluppate in base alla esperienza acquisita precedentemente ci condusse ad investigare le possibilità di un processo che combinasse i vantaggi economici di un metodo di preparazione di UF_4 per via umida colla necessità di disporre di un materiale di alta qualità perfettamente disidratato.

Il processo « compound » da noi a suo tempo pubblicato offriva i presupposti di ulteriori miglioramenti: essi erano: la precipitazione del fluoruro di uranio idrato con soluzioni di acido fluoridrico o del fluoruro di uranio e ammonio con soluzioni di fluoruro o bifluoruro ammonico, combinata con l'essiccazione del sale idrato o la decomposizione del sale doppio in atmosfera di freon 12.

Le difficoltà di questo sistema erano da ascrivere soprattutto ad una bassa velocità di decantazione e di filtrazione del sale idrato ed alla necessità non soddisfatta di una completa decomposizione del sale doppio.

Fu appunto per cercare di evitare alcuni o la maggior parte degli inconvenienti sopra esposti che venne studiata la possibilità della preparazione per via umida di fluoruri doppi di uranio che precipitassero anidri, avessero un'alta velocità di sedimentazione, potessero essere facilmente filtrati, essiccati in corrente d'aria e ridotti direttamente a metallo.

Poichè i risultati delle esperienze sopra accennate furono favorevoli, la scelta del procedimento di produzione dell'uranio per l'impianto pilota del C.N.R.N. avvenne secondo il seguente schema:

- 1) dissoluzione nitrica del sale grezzo;
- 2) raffinazione della soluzione di $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ per estrazione con TBP;
- 3) conversione per scambio ionico da nitrato di uranile a cloruro di uranile;
- 4) riduzione con zinco dell' U^{VI} ad U^{IV} ;
- 5) precipitazione del fluoruro di uranio e sodio NaUF_5 con acido fluoridrico acquoso;
- 6) essiccazione del fluoruro di uranio e sodio;
- 7) riduzione termica in bomba con magnesio previa pressatura della miscela in pastiglia;
- 8) fusione e colata sotto vuoto del metallo grezzo.

I dettagli tecnici di tale procedimento sono stati presentati al recente congresso di Ginevra.

L'impianto da noi realizzato ha operato in modo soddisfacente per un tempo sufficientemente lungo per poter affermare che il procedimento di produzione di uranio metallico da noi messo a punto sia economicamente e tecnologicamente vantaggioso rispetto a quelli finora sperimentati.

L'esperienza acquisita ci permette di fare delle previsioni economicamente ottimistiche sulla sua applicazione industriale.

Le Figure da 1 a 6 mostrano alcune sezioni dell'impianto descritto e qualche particolare delle lavorazioni operate.

2. - Preparazione di elementi di combustibile nucleare.

La seconda categoria di problemi da noi affrontata, e solo da breve tempo, è quella che si riferisce alla preparazione di prototipi di elementi di combustibile a lunga vita, poichè una lunga vita, un alto burn-up, è *essenziale* per una buona economia del ciclo di combustibile.

Il nostro programma include la utilizzazione di uranio metallico puro, di leghe di uranio a basso tenore di elementi leganti e di composti di uranio.

Queste tre voci si riferiscono a condizioni di utilizzazione di peso crescente: come è ben noto infatti un limite alla utilizzazione dell'uranio metallico puro è imposto dalle deformazioni plastiche inammissibili che in esso si generano per utilizzazione nel reattore a temperature superiori a 400°C , e per tempi relativamente brevi.

I fenomeni che stabiliscono lo stato dell'elemento di combustibile nel reattore sono essenzialmente tre:

1) la dissipazione nel reticolo cristallino del combustibile dell'energia cinetica dei frammenti di fissione, che produce effetti generalmente detti « radiation damage »;

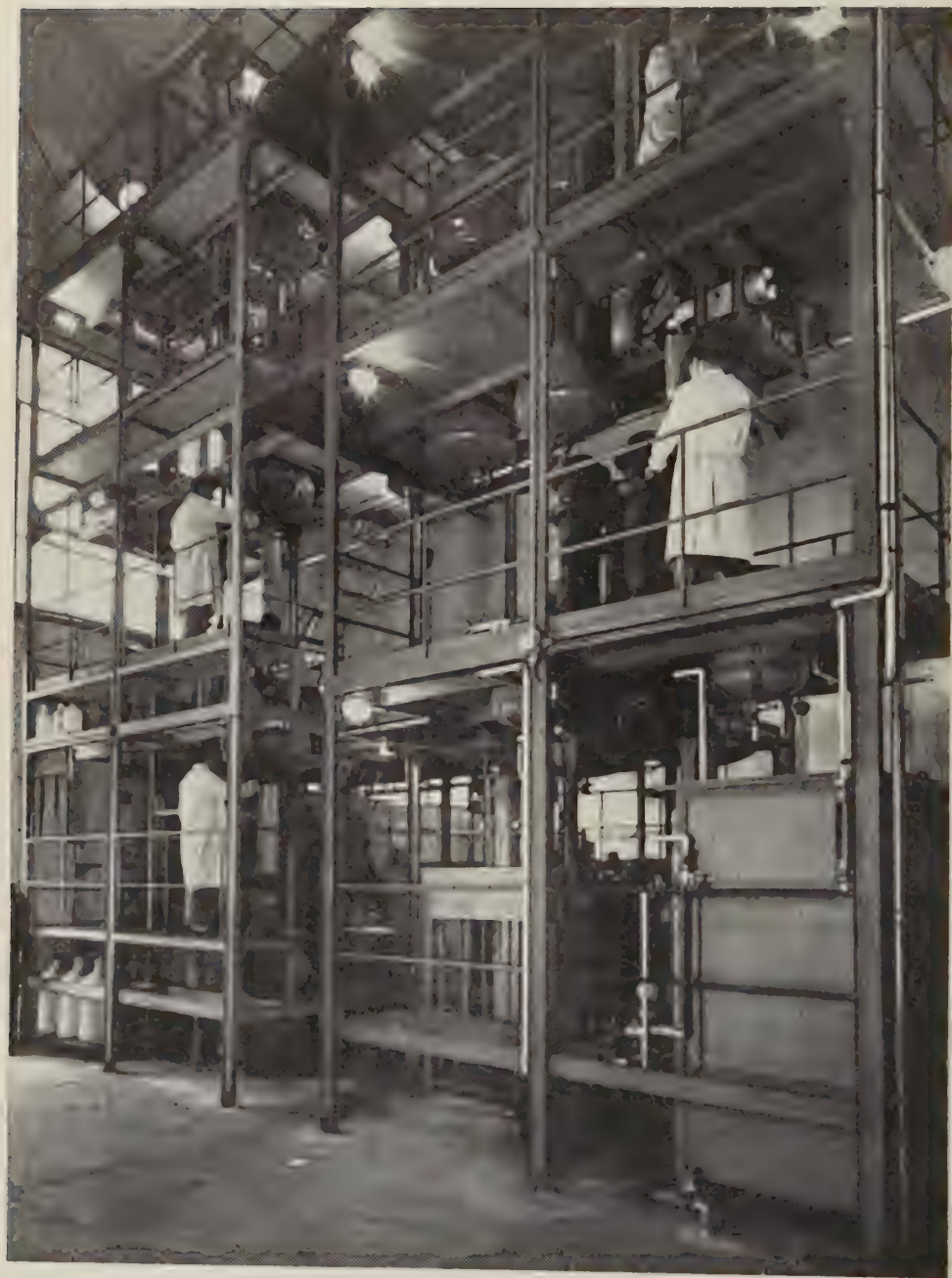


Fig. 1 - Le sezioni di raffinazione dei sali di uranio e di trasformazione in fluoruro di uranio e sodio.

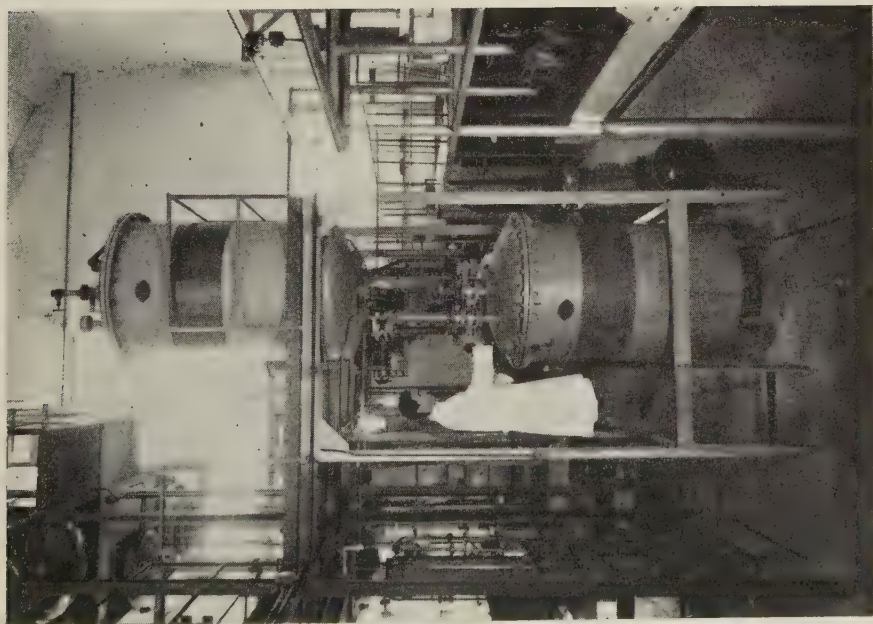


Fig. 2. Serbatoi montaliquidi annessi all'impianto chimico.

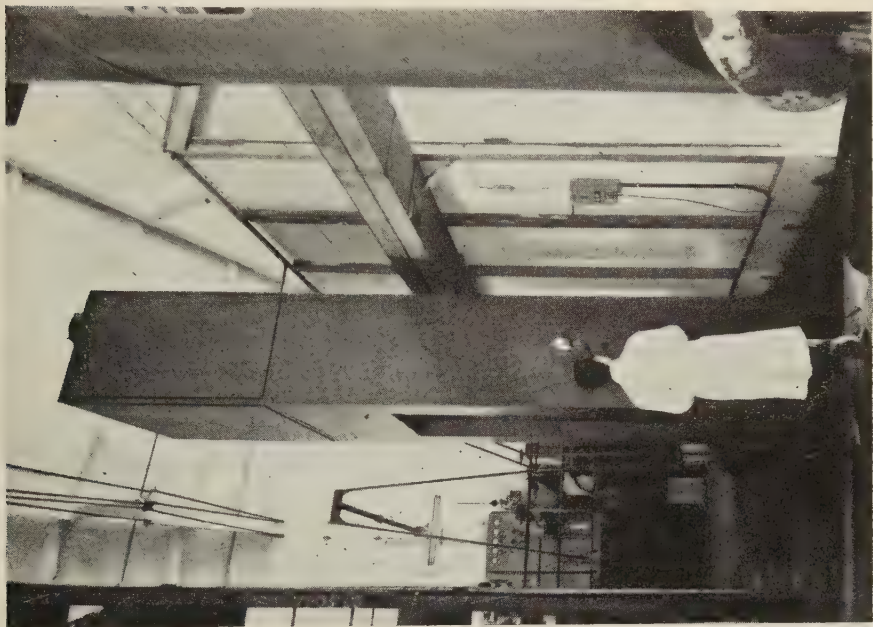


Fig. 3. - Pressa per la preparazione di pastiglie della miscela fluoruro di uranio e sodio-magnesio.

2) l'aumento di volume dovuto al fatto che la differenza fra il volume totale dei prodotti di fissione e quello dell'atomo generatore è positiva;

3) lo stato termico derivante dalla frazione di energia di fissione trasformata in calore che deve fluire al refrigerante.

Onde definire meglio in entità il secondo di questi tre fenomeni, varrà la pena di notare che ogni 8 atomi derivanti dalla fissione di 4 atomi di ^{235}U ve n'è invariabilmente uno costituito da un gas raro (xenon o kripton) o che si trasforma rapidamente in un gas raro.

Questo significa che quando solo l'1% degli atomi di uranio presenti è fissionato, per ogni centimetro cubico di metallo si ha la formazione di un volume di gas che è equivalente a 4.4 cm^3 nelle condizioni standard.

Poichè questi gas rari sono insolubili nell'uranio, essi quindi si trovano imprigionati a pressioni elevate nel reticolo del metallo sottoponendolo a forti sollecitazioni.

I dati a nostra disposizione mostrano che una vita lunga ed un alto burn-up per un combustibile metallico è inversamente proporzionale alle temperature di funzionamento del combustibile nel reattore.

Ciò è facilmente spiegato dal fatto che l'uranio metallico peggiorando le proprie caratteristiche meccaniche col crescere della temperatura permette l'espansione dei prodotti di fissione gassosi fino al collasso dell'elemento di combustibile con esso fabbricato.

Soluzioni a questo problema che è capitale per chi voglia produrre elementi di combustibile ve n'è e sono precisamente di tre tipi:

1) quelle che permettono di migliorare la resistenza meccanica del combustibile a temperatura elevata;

2) quelle che permettono la eliminazione dei prodotti di fissione mediante la predisposizione di porosità nel combustibile;

3) quelle che attribuiscono al materiale incamiciante la funzione portante per l'elemento di combustibile.

Noi abbiamo preso in considerazione innanzitutto la prima ponendoci però come limite la utilizzazione di uranio naturale e quindi lo studio degli effetti di elementi leganti in qualità e quantità tali da non pregiudicare le condizioni di economia di neutroni, drastica per il caso di uranio naturale.

In tale caso le nostre esperienze si basano essenzialmente sulle seguenti considerazioni.

L'uranio puro allo stato metallico che abbia già subito un burn-up dello 0.1% presenta deformazioni plastiche di notevole entità, tali da modificare la configurazione del combustibile nel reattore.

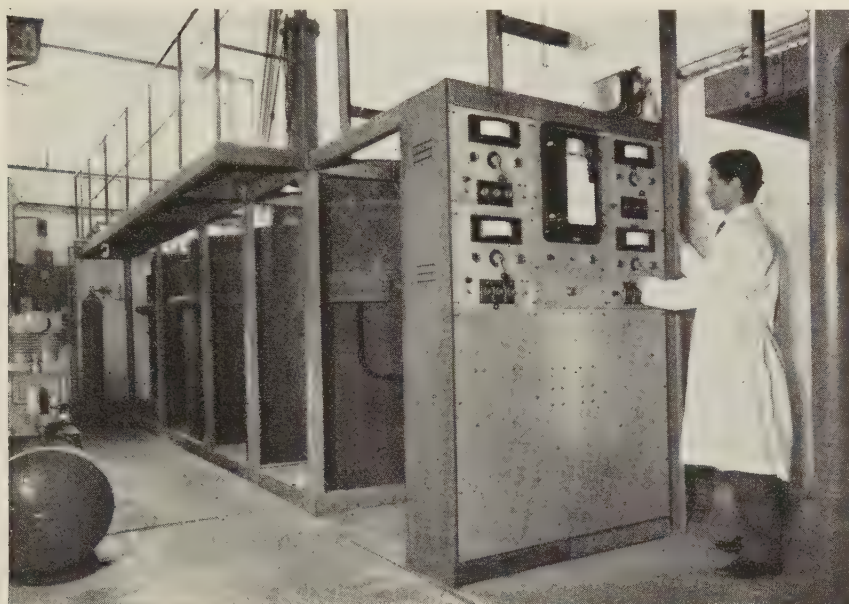


Fig. 4. — Forni per la riduzione termica ad uranio metallico.



Fig. 5. — Pastiglia di miscela pronta per la riduzione termica.



Fig. 6. — Lingotto di uranio come ottenuto da riduzione termica.

Abbiamo citato i fenomeni che ne sono causa. Gli effetti relativi dipendono a loro volta dalla struttura dell'uranio ed in particolare da:

- 1) quantità di orientazione preferenziale;
- 2) dimensione dei grani;
- 3) presenza di elementi chimici estranei.

Notiamo qui per inciso che analoghi effetti si riscontrano in elementi di uranio quando vengono sottoposti ad un trattamento termico ripetuto per un numero sufficiente di volte in un campo di temperature che in generale corrisponde alla zona di esistenza della fase alfa dell'uranio e si sfrutta proprio questo « thermal cycling » di elementi di uranio o sue leghe per dedurne risposte sulla loro utilizzazione in un reattore nucleare.

Per qualsiasi metallo fuso la struttura più resistente può essere considerata quella che proviene da una fine ricristallizzazione esente da orientazioni preferenziali e con grani a confini poligonizzati.

Queste condizioni non possono essere verificate contemporaneamente da uranio fuso che abbia subito trattamenti termici di qualsiasi tipo o lavorazioni plastiche a freddo od a caldo od entrambe le operazioni.

Comunque la struttura più resistente ma insufficiente è in tal caso quella derivante da una lavorazione plastica in fase alfa seguita da una tempra da fase beta e da un successivo rinvenimento in fase alfa.

Essa struttura è a grana fine ma presenta una residua orientazione preferenziale.

La ragione per cui per uranio preparato coi metodi convenzionali non sono verificate le condizioni sopra riportate, stanno nella quasi totale assenza di nuclei deformati che funzionano da germi di ricristallizzazione nel caso dei soli trattamenti termici, mentre per le lavorazioni plastiche si possono ottenere gran numero di nuclei deformati ma con una forte orientazione preferenziale.

Occorrerebbe quindi, per soddisfare le condizioni sopra elencate, creare un gran numero di nuclei di deformazione orientati statisticamente.

Tale effetto può essere raggiunto se vengono ottenuti dei nuclei di deformazione operando dall'interno mediante la presenza preconstituita di elementi estranei, i quali in un primo tempo debbono comportarsi in modo da mantenersi coerenti colla matrice pure provocandone uno stato metastabile (e la condizione necessaria perchè questo avvenga è che le dimensioni strutturali non ne siano troppo dissimili da quella della matrice) ed in un secondo tempo, liberandosi la matrice per precipitazione, avviene la ricristallizzazione in corrispondenza dei nuclei deformati.

Gli elementi estranei che inducono questi fenomeni possono essere dedotti dai diagrammi binari di stato delle leghe a base di uranio.

Purtroppo la condizione drastica di economia di neutroni limita il tenore in elemento estraneo che può essere aggiunto. Inoltre in tali condizioni ben

pochi elementi sono in grado di impartire all'uranio caratteristiche migliorate di resistenza a temperatura.

Praticamente la condizione affinchè possa essere operato il trattamento descritto, è quella dell'esistenza di un campo di solubilità solida in fase beta e gamma sufficientemente esteso da aver effetto sulle trasformazioni alfa-beta o beta-gamma.

A tutte le condizioni sopra riportate sottostanno praticamente soltanto i seguenti elementi: zirconio, molibdeno e niobio.

È su questi elementi che si è appuntata la nostra attenzione: e stiamo appunto svolgendo un intenso lavoro di messa a punto degli standard di preparazione delle leghe, di analisi termica delle medesime e di controllo delle relative strutture ottenute.

Abbiamo inoltre preso in considerazione la terza possibilità ed in particolare quella di introdurre nel materiale incaminciante avente funzione portante, del materiale fissile sotto forma di un composto di uranio. In tal caso conviene evidentemente un composto di tipo ceramico.

Il biossido di uranio come è ben noto presenta caratteristiche che ne fanno un mezzo estremamente promettente in mano agli ingegneri nucleari ed è su questo che per ora puntano i nostri studi.

Forme ceramiche ottenute per sinterizzazione del biossido di uranio presentano una eccellente resistenza al « radiation damage ».

Elementi di combustibile a base di biossido di uranio sono stati sperimentati in reattori nucleari permanendovi fino a elevatissimi burn-up senza rivelare modificazioni sensibili della densità, della struttura, della resistenza a shock termico e della conducibilità termica.

La eliminazione dei prodotti di fissione gassosi può essere inoltre opportunamente controllata preconstituendo per gli elementi di ossido di uranio, nella fase di sinterizzazione, un adeguato grado di porosità.

È tuttavia anche indubbio che le caratteristiche di questo composto presentano una grossa lacuna per quanto si riferisce a due proprietà che sono assai desiderabili per un combustibile nucleare: la densità in uranio ed una buona resistenza meccanica.

È evidente quindi che solo una combinazione delle proprietà degli elementi di tipo ceramico con quelli di tipo metallico permetterebbe di ottenere il combustibile nucleare ideale.

Come ci sembra di aver chiaramente espresso in questa esposizione, noi stiamo cercando di concretare le nostre conoscenze in un campo tecnologico vitale per lo sviluppo nucleare: abbiamo realizzato qualche cosa con risultati soddisfacenti, stiamo ponendo le basi di ulteriori progressi che speriamo altrettanto fecondi di risultati.

Contiamo quindi di poter portare anche noi un sia pur piccolo ma valido contributo al programma nucleare italiano.

Le calcolatrici elettroniche ed il Centro di Studi a Pisa sulle Calcolatrici Elettroniche (*).

M. CONVERSI

*Istituto di Fisica dell'Università - Pisa
Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche dell'Università - Pisa*

1. - Introduzione.

Con questa relazione si spera di raggiungere due obbiettivi: da un canto dare un'idea dello sviluppo assunto dal calcolo elettronico e della crescente importanza delle calcolatrici elettroniche (**) per la ricerca fondamentale ed applicata; dall'altro canto far avere a chi non ne è già a conoscenza qualche notizia sul Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche sorto all'Università di Pisa tre anni e mezzo or sono. Ciò che si dirà in merito al primo punto servirà naturalmente anche a far comprendere quella che vorrei chiamare la funzione storica di un Centro del genere.

Ci sono molte cose che si possono dire per illustrare l'importanza assunta nella vita moderna dall'automazione elettronica e più specificamente dai calcolatori elettronici: la selezione di alcuni argomenti è imposta dalla necessità di presentare in poco tempo una materia così vasta. Saranno perciò di proposito trascurati alcuni aspetti della questione che, pur presentando un elevatissimo interesse speculativo, ci porterebbe ai limiti talvolta sfumati che esistono (se esistono...) tra pensiero scientifico e pensiero filosofico. Alludo alla circostanza ben nota che le grandi macchine calcolatrici, che taluni hanno voluto chiamare « cervelli elettronici », hanno fornito lo spunto per lo sviluppo di nuove dottrine, quali la « cibernetica », il cui fascino è forse essenzialmente racchiuso nell'idea dominante delle possibili relazioni da stabilire tra il mondo dei fenomeni fisici e quello dei fenomeni biologici.

(*) L'autore di questa relazione desidera esprimere il più vivo ringraziamento ai dottori A. CARACCILO ed E. FABRI per il contributo da loro dato alla stesura della relazione stessa.

(**) Sarà usata nel seguito l'abbreviazione C.E.

2. - Origine ed evoluzione del calcolo elettronico.

La storia delle C.E. ha avuto inizio soltanto poco più di dieci anni fa; ma l'idea di una macchina capace di effettuare delle operazioni logiche, di decidere tra due alternative, di operare automaticamente nel senso di una moderna macchina elettronica, risale a più di un secolo fa.

A prescindere da idee ancora piuttosto vaghe di Pascal e forse anche di Leibnitz, un tentativo concreto di realizzare una macchina automatica universale fu compiuto intorno alla metà del secolo scorso, in Inghilterra, da Charles Babbage. Il tentativo non fu pienamente coronato da successo, soprattutto per le enormi difficoltà connesse con lo scarso livello nella meccanica di precisione di quell'epoca. Trascorsero oltre 70 anni tra la morte di Babbage e la comparsa della prima macchina elettromeccanica (Harvard University, 1944) del tipo universale suggerito da Babbage stesso. Poi l'avvento della tecnica elettronica ha condotto alla realizzazione della prima calcolatrice universale basata sull'impiego di tubi termoionici: la ENIAC terminata nel 1946 a Philadelphia. Negli anni successivi il calcolo elettronico ha subito uno sviluppo enorme.

Per darne un'idea basterà ricordare che oggi le macchine elettroniche installate nel mondo si contano a migliaia e che le migliori di esse sono migliaia di volte più veloci della ENIAC del 1946.

Estrapolazioni al futuro sono difficili a farsi. Ma mentre è presumibile che il numero delle macchine installate nel mondo continui a crescere per molti anni con lo stesso ritmo vertiginoso del decennio trascorso, è probabile che, al contrario, per le massime velocità delle macchine di domani prevalga, in un futuro anche prossimo, l'effetto di un limite ovviamente esistente per esse e determinato in sostanza dal tempo che un segnale impiega per trasferirsi da una parte all'altra della macchina. Questa osservazione sull'esistenza di un simile limite nelle velocità di calcolo raggiungibili pone in luce, incidentalmente, uno degli aspetti dell'opportunità di costruire in futuro macchine elettroniche sempre più compatte, utilizzando componenti di dimensioni quanto più piccole possibili.

3. - Macchine analogiche e macchine numeriche.

È ben noto che esistono due specie di C.E. che, salvo la grande rapidità con cui possono risolvere problemi di calcolo ad esse affidati (rapidità ottenuta in entrambe mediante l'impiego di tubi e dispositivi elettronici) presentano strutturalmente delle profonde differenze. Le « calcolatrici analogiche » sono in sostanza versioni elettroniche, talvolta assai complesse, di macchine analogiche

meccanografiche note da tempo quali, ad esempio, gli integrali. Esse non eseguono calcoli numerici, come fa invece una comune calcolatrice da tavolo, bensì forniscono di regola la soluzione approssimata di un determinato problema (per es. di un'equazione differenziale di un tipo particolare) sotto forma di un grafico (che potrà essere rappresentato, per es., sullo schermo di un tubo oscillografico). Le macchine analogiche non possono considerarsi come « universali » nel senso della macchina progettata da Baggage: esse non sono infatti capaci di risolvere problemi di calcolo numerico di tipo qualsiasi e il loro campo di utilizzazione è anzi, in generale, limitato ad una classe relativamente ristretta di problemi. Sono invece universali nel senso ora precisato le macchine, cosiddette « numeriche » o « a cifre », dell'altra specie. È solo di queste che ci occuperemo in questa relazione. In esse vengono eseguiti calcoli numerici, così come in un comune calcolatore da tavolo, ma in un tempo estremamente più breve. E conviene notare subito che è proprio in questa capacità di eseguire dei calcoli numerici che risiede il carattere di universalità di una calcolatrice a cifre. Perché la risoluzione di un problema di calcolo numerico comunque complesso (per es. la risoluzione di una equazione differenziale con determinate condizioni al contorno) può sempre ridursi ad una successione più o meno laboriosa di operazioni aritmetiche elementari.

4. - Generalità sulla struttura di una calcolatrice elettronica a cifre.

Per comprendere il principio di funzionamento di una C.E. a cifre è utile premettere un confronto tra l'esecuzione di un certo calcolo condotta con l'ausilio di essa e l'effettuazione dello stesso calcolo con mezzi ordinari. La macchina elettronica dovrà in primo luogo contenere — per quanto si è detto — un organo capace di eseguire le operazioni di addizione, moltiplicazione, ecc., consentendole di raggiungere il requisito della « universalità ». Quest'organo si chiama « unità aritmetica » ed è la parte della C.E. che corrisponde alla calcolatrice elettromeccanica da tavolo impiegata per eseguire quel certo calcolo con i mezzi ordinari. La differenza tra i due elementi (« unità aritmetica » e calcolatrice da tavolo) che in questo parallelismo si corrispondono, è tutta nel modo in cui vengono realizzate le operazioni elementari in cui il calcolo si può immaginare decomposto: le operazioni sono eseguite nel secondo caso mediante dispositivi meccanici (basati di regola su movimenti di ruote dentate), nel primo caso mediante dispositivi elettronici.

Per dare un'idea di come al dispositivo meccanico se ne possa sostituire uno elettronico si pensi alla più semplice operazione: sommare l'unità ad un numero assegnato. In un dispositivo meccanico ciò si potrà effettuare facendo ruotare di un decimo di giro la ruota delle unità di un contatore. L'equivalente elettronico di questa « ruota delle unità » è, restando nell'ambito del sistema deci-

male, un tubo « dekatron » (impiegato nei contatori di impulsi elettrici di produzione commerciale) dove l'aggiunta di una unità fa ruotare di un decimo di giro la macchiolina luminosa del tubo. In pratica l'aritmetica binaria (sistema a « base 2 » invece che a « base 10 ») è assai più diffusa nelle calcolatrici elettroniche. L'adozione del sistema binario è conveniente in relazione alla facilità di realizzare dispositivi elettronici bistabili. I due possibili stati (per es. « tubo elettronico acceso » e « tubo elettronico interdetto ») servono allora a rappresentare la cifra 1 e la cifra 0, cioè le sole due cifre occorrenti per esprimere un numero nel sistema binario.

Nel caso meccanico la velocità con cui viene eseguita una operazione è vincolata all'inerzia meccanica delle ruote, degli ingranaggi, delle leve costituenti il congegno. Nell'altro caso, in cui le parti meccaniche sono sostituite da dispositivi elettronici, il tempo di transito degli elettroni nei tubi termoionici o, per la macchina del futuro, il tempo occorrente per trasmettere un segnale da una parte all'altra della macchina, stabilisce, in ultima analisi, il limite delle velocità raggiungibili. È facile convincersi che la velocità dell'operazione eseguita meccanicamente risulta centinaia di milioni di volte minore di quella raggiungibile (ma non ancora raggiunta) con l'impiego di dispositivi elettronici.

Questo enorme rapporto tra i tempi di esecuzione di una operazione elementare non permette da solo di conseguire alcun apprezzabile guadagno nel tempo di esecuzione di un calcolo completo comprendente una successione più o meno grande di operazioni elementari, come si riconosce immediatamente se si osserva che, utilizzando una macchina elettromeccanica, in media circa il 90% del tempo di calcolo viene impiegato per impostare sulla macchina i dati numerici su cui operare, per trascrivere risultati intermedi e per consultare, eventualmente, tabelle numeriche, grafici, o libri di tabulazione delle funzioni che intervengono nel calcolo. Perché risulti effettivamente conveniente sostituire una calcolatrice ordinaria elettromeccanica con una « unità aritmetica » elettronica, occorre dunque aggiungere a quest'ultima altri organi basati sull'impiego di dispositivi elettronici che sostituiscano le tabelle numeriche di consultazione, i fogli di carta su cui si registrano e la matita con cui si scrivono i risultati intermedi, nonché le operazioni coordinatrici dell'uomo preposto all'esecuzione del calcolo. È l'insieme dell'unità aritmetica e di questi organi ausiliari — che sono evidentemente del tutto fondamentali — che costituisce una calcolatrice elettronica a cifre.

5. — Parti principali costituenti una calcolatrice elettronica.

In Fig. 1 è lo schema di principio di una calcolatrice a cifre con l'indicazione delle principali parti che la costituiscono. Le caratteristiche di queste parti sono elencate nella Tab. I. Nella Fig. 1 si è indicato tra parentesi, per

ciascuna parte, ciò che quella parte sostituisce rispetto all'esecuzione di un calcolo con i metodi ordinari. Le comunicazioni tra l'operatore umano da un

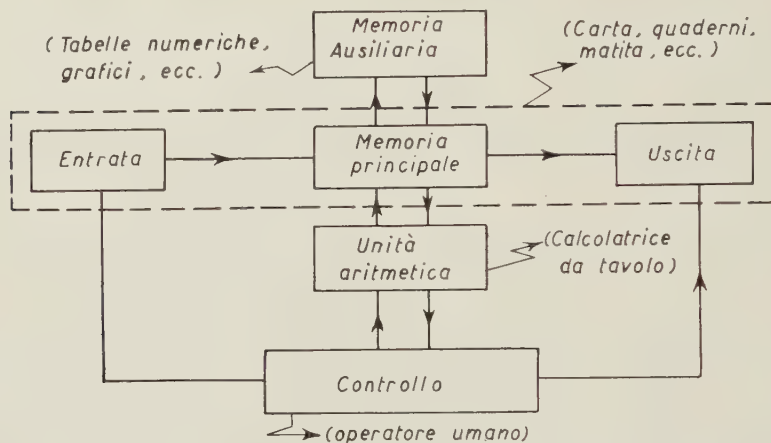


Fig. 1. — Schema di principio di una calcolatrice elettronica a cifre e caratteristiche principali delle parti che la compongono.

canto, e dall'altro la calcolatrice da tavolo, il programma dei calcoli, i fogli su cui l'operatore registra i risultati intermedi, le tabelle che egli consulta,

TABELLA I. — Caratteristiche principali di una C.E.

Parte della calcolatrice	Caratteristiche principali	Campo di variabilità (*)
Entrata	Numero di caratteri al secondo	da 200 a 100 000
Controllo	Numero delle istruzioni	da 30 a 200
	Modifica automatica	no o sì
	Virgola mobile	no o sì
	Lunghezza variab. della « parola »	no o sì
Unità aritmetica	Velocità di addizione (operaz./s)	da 5 ms a 0.5 μ s
	Velocità di moltiplicaz. (operaz./s)	da 10 ms a 1 μ s
Memoria principale	Capacità (numero di « parole »)	Da 1 000 a 100 000
	Tempo di accesso	da 10 ms a 0.1 μ s
	Lunghezza della parola (in « bit »)	da 20 a 80
Memoria ausiliaria	Capacità (numero di « parole »)	da 10^4 a 10^7
	Tempo di accesso medio	da 10 ms a 2 min
Uscita	Numero di caratteri al secondo	da 30 a 100 000

(*) I dati sono indicativi; gli estremi corrispondenti alle massime prestazioni si riferiscono a macchine tuttora in costruzione.

ecc., sono sostituiti, nel caso della calcolatrice a cifre, dalle interconnessioni esistenti tra l'organo centrale di « controllo » da una parte, e dall'altra l'unità aritmetica, la memoria principale, la memoria ausiliaria, ecc. Questa corrispondenza non ha pretese di generalità nè di rigore: vuol solo servire a fornire un'idea sufficientemente chiara ed approssimata di ciò che è, nel suo insieme, una calcolatrice elettronica di tipo universale.

L'« entrata » e l'« uscita », nello schema di Fig. 1, rappresentano gli « organi terminali » di una macchina elettronica, i quali servono ad inserire nella macchina i dati e ad estrarre i risultati da essa elaborati. Inserire i dati vuol dire anche, in particolare, indicare il « programma » dei calcoli successivi e delle successive operazioni logiche ed aritmetiche che la macchina dovrà eseguire per risolvere il problema ad essa affidato. Questo « programma » deve essere preparato naturalmente dall'uomo, almeno fino ad un certo livello.

Il lavoro di programmazione dei calcoli comprende varie fasi la cui ampiezza relativa dipende dal particolare problema e delle caratteristiche logiche e fisiche della particolare calcolatrice impiegata per risolverlo. Queste varie fasi sono elencate e brevemente descritte nella Tab. II.

TABELLA . II- *Descrizione delle successive fasi del piano di programmazione di un problema da risolvere con il calcolo elettronico.*

Fase	Descrizione
Analisi	Studio generale del problema, scelta del metodo matematico e formulazione del piano generale dei calcoli
Programmazione	Formulazione del piano dettagliato dei calcoli fino ad ottenere il « diagramma dinamico »
Codificazione	Traduzione del programma nel linguaggio proprio della C.E. impiegata
Verifica	Controllo generale del programma, ricerca ed identificazione di eventuali errori.

6. - Caratteristiche principali di una calcolatrice elettronica a cifre.

È dall'insieme delle caratteristiche elencate nella Tabella I che si può ricavare il livello delle prestazioni di cui è capace una determinata macchina elettronica. Perciò vale la pena di accennare brevemente al significato delle varie locuzioni impiegate, non sempre note a chi di calcolatrici elettroniche non si è direttamente interessato.

Il numero delle informazioni che possono essere raccolte nella « memoria »

dipende dal numero delle *parole* che questa può contenere e dalla « lunghezza della parola ». La « parola » è un insieme di « caratteri » (per es. un insieme di cifre costituenti un numero) e la sua « lunghezza » è determinata dal numero di caratteri che la compongono. Una memoria di grande capacità è una memoria che può contenere un grande numero di parole, e quindi una grande quantità di informazioni. Per es., se per un certo calcolo da eseguire con la macchina fosse necessario ritenere nella memoria i valori della radice quadrata dei mille numeri naturali compresi tra 4000 e 5000, occorrerebbe una memoria di capacità superiore alle mille parole (altre parole occorrerebbe infatti riservare per altre funzioni o per altre parti del calcolo). Se inoltre per quel calcolo i valori delle radici occorressero con cinque cifre decimali significative, la lunghezza della « parola » dovrebbe essere di cinque caratteri decimali. Se la memoria è costituita da elementi bistabili atti a dare una rappresentazione binaria dell'informazione, il numero n dei caratteri della parola dovrebbe essere evidentemente tale che $2^n \approx 10^5$, ossia $n = 17$.

Un'altra caratteristica di evidente importanza è la velocità con cui la macchina esegue le operazioni elementari. I tempi per eseguire una somma od un prodotto, comprendenti anche i tempi di accesso alla memoria (ossia i tempi che occorrono per trasferire un numero per es. dalla memoria all'unità aritmetica o viceversa) vengono perciò di regola specificati per segnalare le prestazioni di una data macchina. Occorre però anche precisare se la macchina opera in « virgola fissa » oppure in « virgola mobile », dato che i tempi di addizione sono nei due casi sensibilmente diversi.

Una macchina si dice dotata di rappresentazione in virgola mobile se la sua struttura logica è tale da consentire che nella somma, per es., di numeri aventi diversi ordini di grandezza, l'operazione si possa eseguire senza che nel programma occorra specificare le opportune traslazioni che si rendono necessarie a casua del diverso ordine di grandezza degli addendi. In altre parole in una macchina a virgola fissa occorre tener conto, nella programmazione di un certo calcolo che comporti per es. la somma di addendi di diverso ordine di grandezza, di tutti gli spostamenti di cifre necessarie per ottenere l'opportuno incolonnamento degli addendi in questione.

In una macchina a virgola mobile, invece, i numeri vengono rappresentati sotto forma di un prodotto di due fattori uno dei quali serve a caratterizzare, nel sistema aritmetico adottato, il corretto ordine di grandezza. Il « controllo » della calcolatrice provvede a tener conto automaticamente (ossia senza che di ciò si debba tener conto nella programmazione) dei diversi ordini di grandezza spettanti ai diversi addendi.

Il « controllo » di una C.E. è caratterizzato ancora dal numero di « istruzioni » o più precisamente, dalla « lista delle istruzioni ». L'« istruzione » è un'informazione complessa, rappresentata, come i numeri, da un insieme di « caratteri ». Essa definisce univocamente l'operazione logica o aritmetica (per es. la

somma di due numeri o il trasferimento di numeri o di informazioni da una parte ad un'altra della C.E.) che la macchina deve eseguire ad un dato momento. Più ricca è la lista delle istruzioni, più la macchina diviene flessibile ed efficiente nella esecuzione di calcoli. Una macchina dotata di grande velocità e di grande capacità di memoria può eseguire con prontezza calcoli di proporzionata complessità, a condizione di possedere una lista delle istruzioni adeguatamente nutrita.

Le più moderne C.E. sono anche dotate di un qualche sistema di modifica automatica delle istruzioni. Qui rinunciamo a spiegare in che cosa questo consista limitandoci ad affermare che esso agevola considerevolmente la programmazione, migliorando al tempo stesso la velocità complessiva di calcolo.

La grande velocità con cui all'interno di una moderna C.E. si susseguono le operazioni logiche ed aritmetiche sarebbe ovviamente superflua se non fosse possibile con proporzionata rapidità immettere i dati in « entrata » e raccogliere i risultati in « uscita ». Le caratteristiche degli organi terminali di una C.E., e in particolare la loro velocità di registrazione espressa in un numero di caratteri al secondo, contribuiscono dunque a caratterizzare il livello delle prestazioni di quella.

7. — Calcolatrici elettroniche esistenti e in costruzione.

Nella Tab. III sono elencate varie calcolatrici elettroniche a cifre classificate, in base alle loro prestazioni, in « modeste », « medie », « grandi » ed « eccezionali ». Le principali caratteristiche riportate nella tabella variano, come si vede, entro limiti molto ampi. L'ultima delle macchine elencate nel gruppo di quelle di grandi prestazioni è la C.E. in costruzione al Centro di Pisa, le cui caratteristiche sono assai simili a quelle di una IBM-704. A tutt'oggi quest'ultima rappresenta, tra le macchine già funzionanti, quella di massime prestazioni. Le due C.E. di prestazioni « eccezionali », infatti, non sono state ancora completate. La più grande di esse, la Stretch della IBM, sarà probabilmente completata entro il 1960 nei laboratori di Los Alamos della A.E.C. Non si hanno notizie sul costo di questa macchina che, per il momento, sarà utilizzata in un solo esemplare. È possibile che il costo si aggiri sui 5 miliardi di lire. Uno sguardo ai costi di fitto mensile di alcuni esemplari con prestazioni minori (il costo della Larc della Remington è un'illazione desunta dal prezzo di acquisto che si aggirerà sui 2 miliardi e mezzo di lire) basta a dare un'idea del valore attuale di una C.E. di elevate prestazioni.

Nonostante i costi elevatissimi dell'acquisto e dell'affitto di una C.E., la richiesta di macchine di medie e di elevate prestazioni è in crescente aumento. Ciò si comprende osservando il grafico della Fig. 2. Da esso si vede che il costo

TABELLA III. — Alcune delle principali calcolatrici installate o in costruzione. La « CEUP » è la macchina in costruzione al Centro di Pisa.

Macchine di prestazioni	Data	Affitto mensile in milioni di lire	Lun- ghezza della parola (*)	Si- stema aritm. (*)	Numero delle istruz.	Modi- fiche autom.	Tempo di addizione (μs)		Tempo di moltiplicazione (μs)		Memoria principale (No. di parole)	Tamburo magne- tico (No. di parole)	Nastri ma- gne- tici
							v_f	v_m	v_f	v_m			
<i>Modeste</i>	1954	2,9	10d	v_f	40	no	5200	—	11600	—	Tamburo m.	2000	si
	1956	—	39b	v_f	51	si	300	—	2000	—	64	4096	si
	1958	4,6	10d	v_f	31	no	100	—	400	—	1000	4000	si
<i>Medie</i>	1950	—	16b	v_f	32	no	24	—	40	—	2048	64000	si
	1952	—	39b	v_f	100	no	72	—	700	—	1024	no	no
	1952	11	12d	v_f	37	no	400	—	2100	—	1000	20	si
	1953	10	36b	v_f	33	no	60	—	450	—	2048	8192	si
	1953	—	40b	v_f	47	si	1200	—	3560	—	500	16384	no
	1957	—	40b	v_m	70	si	—	180	—	320	1024	16384	no
<i>Grandi</i>	1954	15	36b	v_f	48	no	48	—	260	—	4096	16384	si
	1954	—	16d	v_m	100	si	—	15	—	30	2000	no	si
	1956	23	36b	v_{fm}	86	si	24	84	230	200	fino a $3 \cdot 10^4$	16384	si
	1959	30	36b	v_{fm}	189	si	24	80	180	150	32768	16384	si
	1960	—	36b	v_{fm}	105	si	20	120	230	210	fino a $3 \cdot 10^4$	16384	si
<i>Eccezionali</i>	1959	40	10d	v_{fm}	?	si	1,5	6	15	15	20000	?	si
	1960	—	64b	v_{fm}	?	si	0,2	1	1	1	fino a 10^6	?	si

(*) d = cifre decimali; b = cifre binarie; v_f = virgole fisse; v_m = virgola mobile; v_fm = virgole fisse e virgola mobile.

di un calcolo decresce con estrema rapidità al crescere delle prestazioni della macchina impiegata. Un calcolo di un milione di operazioni, che se effettuato con un calcolatore elettromeccanico da tavolo verrebbe a costare più di 10 mi-

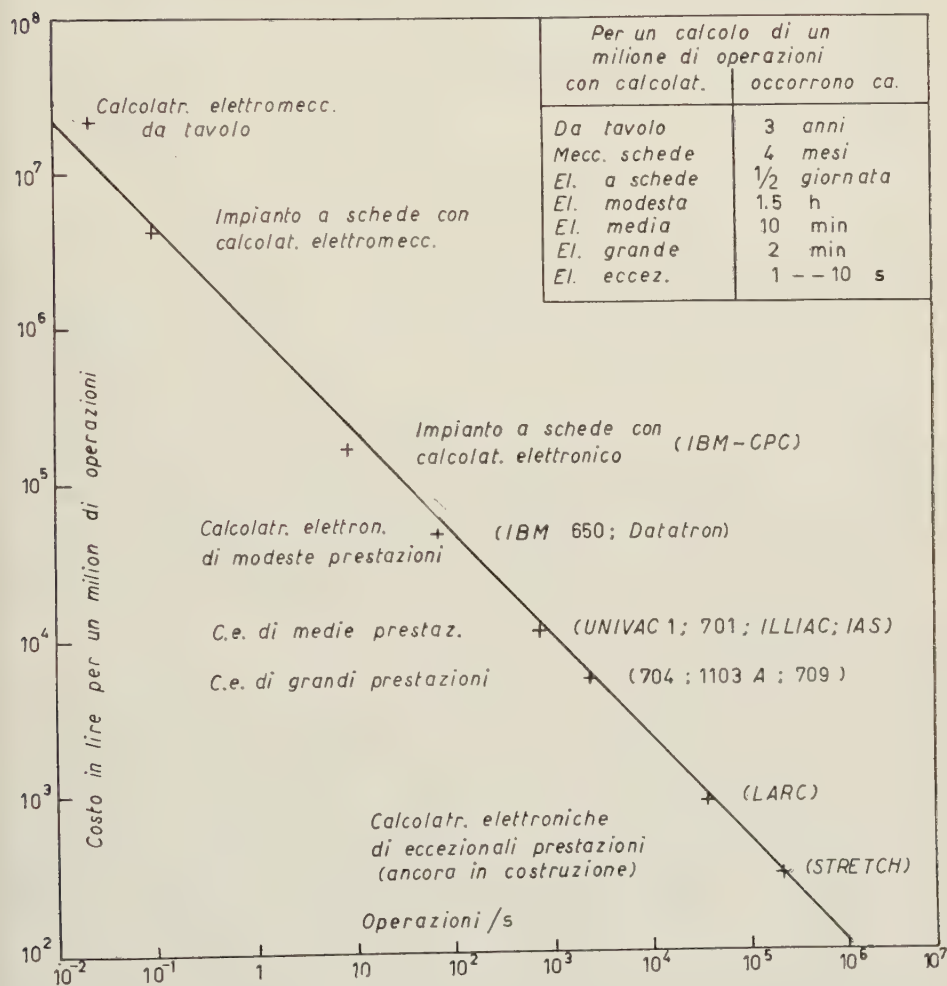


Fig. 2. - Dipendenze del costo di un calcolo complesso dalla velocità di calcolo.

lioni di lire, eseguito con una macchina dalle formidabili prestazioni della costruenda Stretch verrà presumibilmente a costare (se si esclude il costo della programmazione) poco più di cento lire. Il rapporto tra i tempi occorrenti per eseguire un simile calcolo nei due casi estremi indicati è ancora più elevato (dell'ordine di 100 milioni) come si riconosce dal grafico e dalla tabellina inserita nella Fig. 2. Giova peraltro insistere sul fatto che nei tempi e nei costi

indicati non sono compresi quelli corrispondenti ai lavori di programmazione che nel caso di Istituti Scientifici, ove maggiore è la varietà dei calcoli da affrontare, possono avere un peso rilevante.

Da questi dati grafici e numerici appare chiaramente come per un Istituto di una certa entità sia comunque di gran lunga più conveniente disporre di una C.E. di medie e possibilmente di grandi prestazioni, piuttosto che di più C.E. di modeste prestazioni.

8. - Le calcolatrici elettroniche e l'Ingegneria nucleare.

È particolarmente per i problemi connessi con la realizzazione e con l'impiego di reattori nucleari che l'uso di grandi C.E. a cifre ha acquistato una importanza grandissima. Una delle ragioni di ciò sta negli enormi vantaggi economici che l'impiego delle C.E. consente di conseguire a dispetto del loro costo elevato. Infatti oltre alla convenienza economica diretta, già chiarita, di usare macchine dotate di notevoli prestazioni per eseguire calcoli di una qualche complessità, l'applicazione di metodi tipo « Monte Carlo » permette spesso di sostituire con un esperimento « teorico » eseguito mediante una C.E., una serie di effettive misure che sarebbero assai più dispendiose in tempo e in denaro. Con il progressivo sviluppo della nostra conoscenza dei parametri microscopici che intervengono nella fisica dei reattori la convenienza di effettuare simili esperimenti teorici diverrà sempre più grande.

La fondamentale importanza delle C.E. nel campo dell'energia nucleare è illustrata in un articolo di W. C. SANGREN (apparso in *Nucleonics* lo scorso anno) che elenca le installazioni di C.E. presso tutte le maggiori industrie ed organizzazioni nucleari esistenti negli Stati Uniti. Le previsioni per i prossimi anni indicano senza ambiguità che praticamente ogni industria ed organizzazione nucleare americana avrà installata almeno una macchina dalle prestazioni della IBM-704 o della UNIVAC-scientific. Intorno a ciascuna di queste installazioni ci sarà inoltre un gruppo di esperti in programmazione oscillante tra i 12 ed i 60 individui.

La situazione per alcuni dei Centri nucleari europei si può desumere dalla Tab. IV. Altri Centri di Calcoli per reattori nucleari si trovano in Norvegia, Svezia, Belgio, Olanda, Germania e Svizzera. Solo l'Italia e la Spagna, tra le nazioni più importanti d'Europa, difettano completamente o quasi di organizzazioni del genere. Ma da questa situazione occorre presto uscire: in effetti non è opinione soltanto dello scrivente, bensì di ben più autorevoli personalità nel campo nucleare applicato, che lo sviluppo dell'energia nucleare sia fortemente condizionato all'impiego su scala adeguata di grandi C.E. a cifre.

Il problema dell'organizzazione di un Centro efficiente di calcolo elettronico al servizio della fisica nucleare applicata è tanto più urgente se si tiene conto

TABELLA IV. — *Centri di calcolo elettronico associati ad organizzazioni nucleari europee.*

Organizzazione nucleare	Installazione fisse	Altre macchine impegnate	Personale
Harwell	Imp. schede Mercury	IBM-704 MARK 1	45 di cui 21 laureati
National Phys. Lab.	?	?	50 di cui 20 laureati
Saclay	Mercury IBM-650	?	30 di cui 24 laureati

N.B.: Altri importanti Centri sono in funzione in Belgio, Germania, Norvegia, Svezia e Svizzera.

del fatto che per avere una calcolatrice elettronica di medie e di grandi prestazioni occorre attendere in ogni caso all'incirca due anni. È inoltre essenziale sviluppare tempestivamente un adeguato gruppo di esperti. Per un impianto di grandi prestazioni (tipo IBM-704 o UNIVAC¹-scientific) questo gruppo può oscillare, come si è già accennato, tra una e cinque dozzine di esperti, a seconda che si adotti per l'organizzazione del gruppo uno dei criteri estremi caratterizzati dalle locuzioni « open shop » e « closed shop ». Nell'organizzazione ad « open shop » il personale associato con la macchina si limita essenzialmente alla manutenzione di questa e l'utente della calcolatrice è tenuto a presentare il problema in forma già programmata. Al contrario nel « closed shop » c'è, accanto alla macchina, un nutrito gruppo di programmatori, con diversi livelli di esperienza e di capacità, che provvedono completamente alla programmazione, alla codificazione, alla verifica, ossia alla completa soluzione del problema loro presentato in forma matematica. La soluzione più spesso adottata è intermedia tra le due precedenti (« service shop ») nel senso che il gruppo associato alla macchina include alcuni programmatori specializzati che assistono l'utente della calcolatrice entro limiti variabili da caso a caso. È questa, incidentalmente, la soluzione che oggi si pensa di adottare al Centro di Pisa dopo che la macchina sarà entrata in funzione.

Non possiamo qui soffermarci ad illustrare i concetti della programmazione automatica anche se essi presentano aspetti del più stretto interesse speculativo. Ma vogliamo rilevare tuttavia che per problemi della complessità di quelli che si incontrano nell'ingegneria nucleare e nella fisica nucleare applicata, una organizzazione efficiente della programmazione, comprendente i più moderni metodi di programmazione automatica, ha (ed ancor più avrà nel futuro) un'importanza pratica grandissima.

9. — Origini del Centro di Pisa.

Il Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche dell'Università di Pisa (CSCE) fu istituito nella primavera del 1955 utilizzando un rilevante finanziamento che le Province ed i Comuni di Pisa, Livorno e Lucca avevano in precedenza generosamente offerto per contribuire alla costruzione, in prossimità di Pisa, dell'elettrosincrotrone nazionale da 1 miliardo di Volt-elettroni. Dopo la scelta di Frascati (Roma) come sede dell'elettrosincrotrone nazionale, ed in seguito alla consultazioni che i professori di fisica dell'Università di Pisa ebbero a Varenna, nel luglio 1954, con fisici di grande reputazione e, in particolare, con Enrico Fermi, il finanziamento offerto dagli Enti Locali per avere il sincrotrone in prossimità di Pisa, fu devoluto a favore della nuova iniziativa.

Prima ancora della istituzione ufficiale del Centro un piccolo nucleo di ricercatori (i dottori A. CARACCILO, E. FABRI, S. SIBANI e l'ing. M. TCHOÛ) effettuarono uno studio preliminare per precisare gli orientamenti da seguire al fine di rendere possibile la costruzione in Pisa di una macchina elettronica da destinare essenzialmente alla ricerca scientifica.

Successivamente, qualche tempo dopo l'istituzione del C.S.C.E., l'Università di Pisa stipulava con la S.p.A. Olivetti una convenzione con cui si assicurava al Centro un ulteriore finanziamento, nonchè la collaborazione di nuovo personale specializzato.

10. — Finalità del Centro.

L'istituzione del C.S.C.E. fu suggerita non soltanto dal desiderio di dotare l'Università di Pisa di una macchina elettronica per ricerca di grandi prestazioni, ma anche, e forse soprattutto, dal riconoscimento della opportunità che si creasse in Italia un gruppo di specialisti nel campo delle calcolatrici universali e del calcolo elettronico, in considerazione della crescente importanza che questi settori dell'attività tecnico-scientifica vanno assumendo. Per questa ragione accanto all'attività principale del Centro (necessariamente principale in questa fase della vita di esso) di progettare, cioè, e costruire una moderna e flessibile calcolatrice a cifre per ricerca, sono state fin dall'inizio curate attività collaterali atte a creare i presupposti perchè il Centro, a macchina ultimata, sopravviva come un Centro di ricerca. Il Centro ha svolto, cioè, un'attività « culturale » concretatasi in corsi di lezioni, conferenze, seminari e tesi di laurea curate dai suoi ricercatori più anziani.

11. — Organizzazione del Centro.

L'attività del centro si svolge sotto il controllo di un Comitato Direttivo composto di un professore di fisica sperimentale, che ne è il presidente, di un professore di analisi matematica e di un professore di radiotecnica. Nel Comitato Direttivo, inizialmente composto dei proff. A. FAEDO, U. TIBERIO e dello scrivente, è recentemente subentrato, in sostituzione del Prof. FAEDO, il Prof. F. CAFIERO.

In riunioni annuali il Comitato Direttivo informa una Commissione Consultiva Mista, composta di professori delle Facoltà di Scienze M.F.N. e di Ingegneria, sullo stato dei lavori del Centro. Quest'ultimo è internamente articolato in due Sezioni: una « Sezione logico-matematica » che ha il compito immediato di provvedere alla stesura dei progetti logici e all'organizzazione generale della programmazione; una « Sezione Ingegneria » che ha il compito immediato di realizzare la macchina, secondo i progetti elaborati di comune accordo con la Sezione logico-matematica. È poi naturalmente compito di entrambe le Sezioni di svolgere quelle attività didattiche e di ricerca, nell'ambito dei settori di propria competenza, che rientrano nelle finalità perseguite dal Centro.

Nella Tab. V sono riportati i nomi dei ricercatori che hanno collaborato

TABELLA V. — *Personale ricercatore del Centro di Pisa.*

Gruppo degli attuali ricercatori del C.S.C.E. di Pisa				Ricercatori che hanno già collaborato all'attività del C.S.C.E. di Pisa			
Ricercatore	(*)	Dipendenti da	Sez. (**)	Ricercatore	(*)	Dipendenti da	Sez. (**)
A. CARACCILO di FORINO	F	I.N.F.N.-Pisa	L.M.	E. FABRI	F	Univ.-Pisa	L.M.
G. CECCHINI	I	Olivetti	Ing.	S. SIBANI	F	Olivetti	Ing.
G. B. GERACE	I	I.N.F.N.-Pisa	Ing.	M. TCHOU	I	Olivetti	Ing.
M. FALLENi	I	I.N.F.N.-Pisa	Ing.	Programmatori distaccati da sezioni dell'I.N.F.N. al C.S.C.E. nel 1958			
L. GUERRI	M	I.N.F.N.-Pisa	L.M.	Ricercatore	(*)	Dipendenti da	Sez. (**)
W. SABBADINI	I	Olivetti	Ing.				
P. BENVENUTI	M	Univ.-Pisa	L.M.	E. ABATE	F	Milano	L.M.
M. ROMÈ	F	I.N.F.N.-Pisa	L.M.				
D. BRAITO	F	Univ.-Pisa	Ing.				
F. DENOTH	F	Univ.-Pisa	Ing.	G. ANDREASSI	F	Trieste	L.M.
				B. BE TOLLIS	F	Roma	L.M.

(*) F = Fisico; I = Ingegnere; M = Matematico.

(**) L.M. = Sezione Logico-Matematica; Ing. = Sezione Ingegneria.

(in altro a destra) e collaborano (in altro a sinistra) all'attività del Centro, nonché i nomi di altri giovani ricercatori (in basso a destra) che alcune Sezioni dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.) hanno distaccato presso il CSCE nel 1958, al fine di permetter loro di apprendervi le tecniche di programmazione e, al tempo stesso, di collaborarne all'attività. In tal modo ciascuna delle Sezioni dell'I.N.F.N. da cui essi provengono potrà usufruire della esperienza da essi acquisita presso il Centro per un'efficace utilizzazione futura della Calcolatrice pisana.

I ricercatori elencati nel lato sinistro della tabella sono raggruppati in base alla loro anzianità di servizio al Centro. Ad uno dei ricercatori «anziani», l'Ing. G. CECCHINI, il Comitato Direttivo ha recentemente affidato l'incarico di dirigere i lavori di costruzione della macchina.

Del personale del Centro fanno ancora parte una segretaria-amministratrice, quattro periti elettronici, vari radiomontatori e meccanici e del personale subalterno.

12. - Attività svolta dal Centro.

Ecco un elenco delle principali attività svolte dalla data di istituzione del Centro:

1) È stata progettata e realizzata una calcolatrice, definita come «macchina ridotta», costruita essenzialmente al fine di controllare la bontà dei criteri generali di progettazione e di potere effettuare una accurata messa a punto di vari dettagli tecnici.

2) Si è effettuato il progetto dettagliato della calcolatrice definitiva le cui caratteristiche sono già state riportate nella Tab. 2. (CEUP).

3) Sono stati studiati alcuni programmi di prova ed alcuni semplici programmi di interesse pratico per la « macchina ridotta ».

4) È stato intrapreso uno studio della organizzazione della programmazione della macchina definitiva, con particolare riguardo a sistemi di programmazione automatica.

5) È stata svolta l'attività didattica cui si è già accennato parlando delle finalità del Centro. Vale forse la pena di aggiungere che una tesi di laurea originale è stata dedicata al problema della « transistorizzazione » che ha grande importanza per il futuro delle macchine elettroniche.

13. - Caratteristiche d'impiego della « macchina ridotta ».

Diamo qui di seguito le principali caratteristiche della « macchina ridotta »:

- a) Parole di 18 cifre binarie (pari a 5,4 decimali).
- b) Capacità della memoria: 1 024 parole.
- c) Velocità di operazione: $\sim 20 \mu s$ per istruzione.
- d) Entrata a nastro perforato con lettore fotoelettrico (400 caratteri al secondo); uscita su telescrivente (7 caratteri al secondo).
- e) Componenti principali: circa 1 400 tubi elettronici (in gran maggioranza doppi triodi E 88C Philips a lunga vita); circa 3 000 diodi al germanio (0A85 Philips); circa 20 000 nuclei magnetici per la memoria.
- f) Consumo totale: ~ 7 kW.

Nonostante queste limitazioni, e la scarsa precisione ottenibile (5 cifre decimali al più, aumentabili solo complicando notevolmente il programma) si è

TABELLA VI. - *Elenco dei problemi affrontati con la « macchina ridotta ».*

Problema	Proposto dall'Istituto	Programmatori
Studio di strutture cristalline	Mineralogia, Pisa	GUERRI, ROMÉ
Analisi periodale di frequenze cicliche ionosferiche	Naz.le di Geofisica	FABRI, DE TOLLIS
Condizioni di equilibrio di una struttura cristallina	I.N.F.N.-Padova	FABRI, DE TOLLIS
Ricerca dei livelli energetici di molecole	Chimica-Fisica, Pisa	MAESTRO, FABRI
Relazioni di dispersione inverse nello scattering $p-\pi$	I.N.F.N.-Roma	DE TOLLIS
Ricerca di autofunzioni del momento angolare totale	C.S.C.E.-Pisa	FABRI, ABATE
Studi sui metodi di Monte Carlo per sistemi di equazioni lineari, inversioni di matrici, equazioni integrodifferenziali	C.S.C.E.-Pisa	FABRI, ABATE
Questioni di teoria dei numeri (numeri primi, numeri perfetti, divisori di un numero)	C.S.C.E.-Pisa	FABRI, ABATE
Costruzione delle tautologie del calcolo delle proposizioni (logica simbolica)	C.S.C.E.-Pisa	FABRI
Calcolo e tabulazione di funzioni elementari	C.S.C.E.-Pisa	BENVENUTI, GUERRI

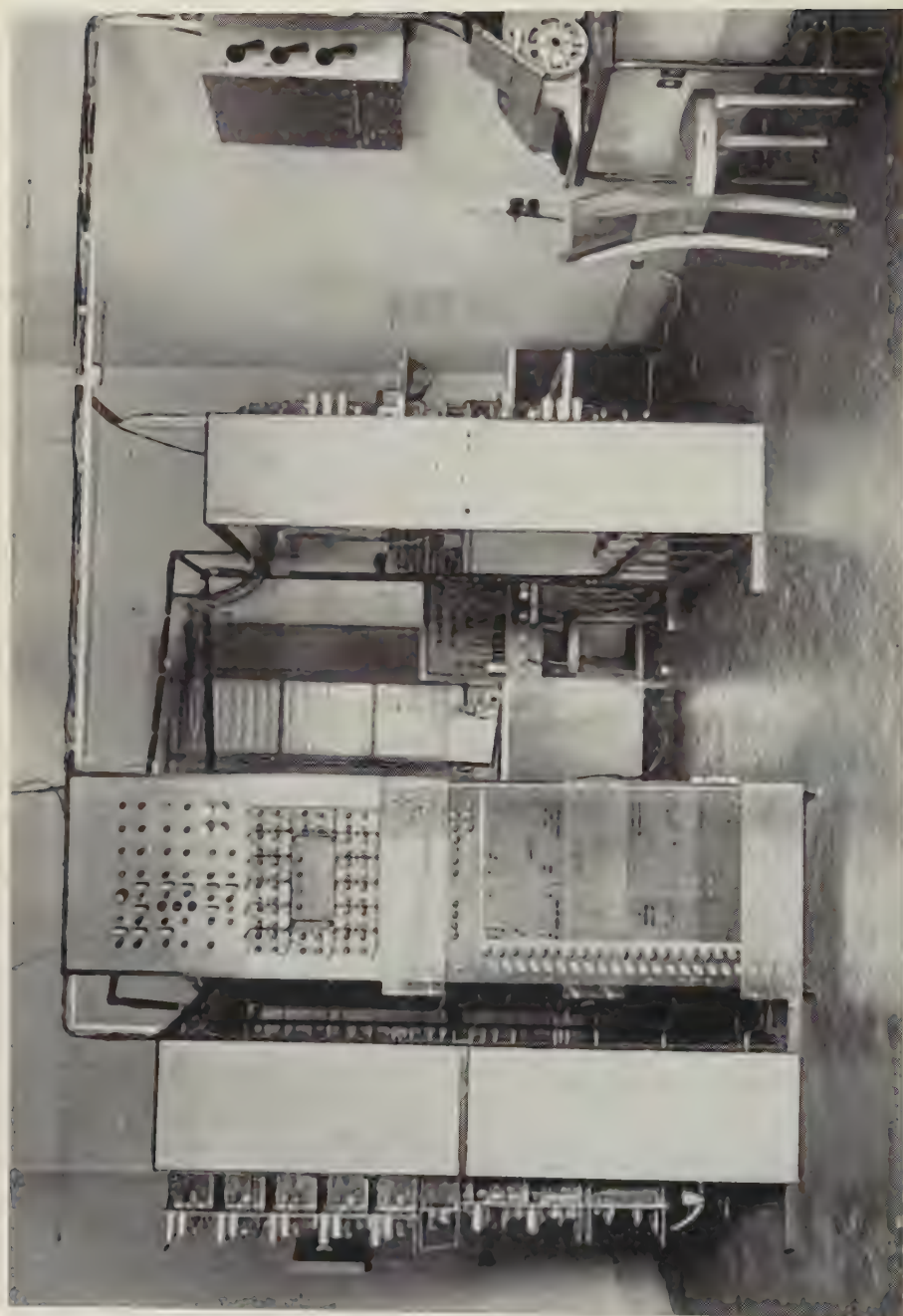


Fig. 3. - Vista d'insieme della « Macchina Ridotta » del C.S.C.E.

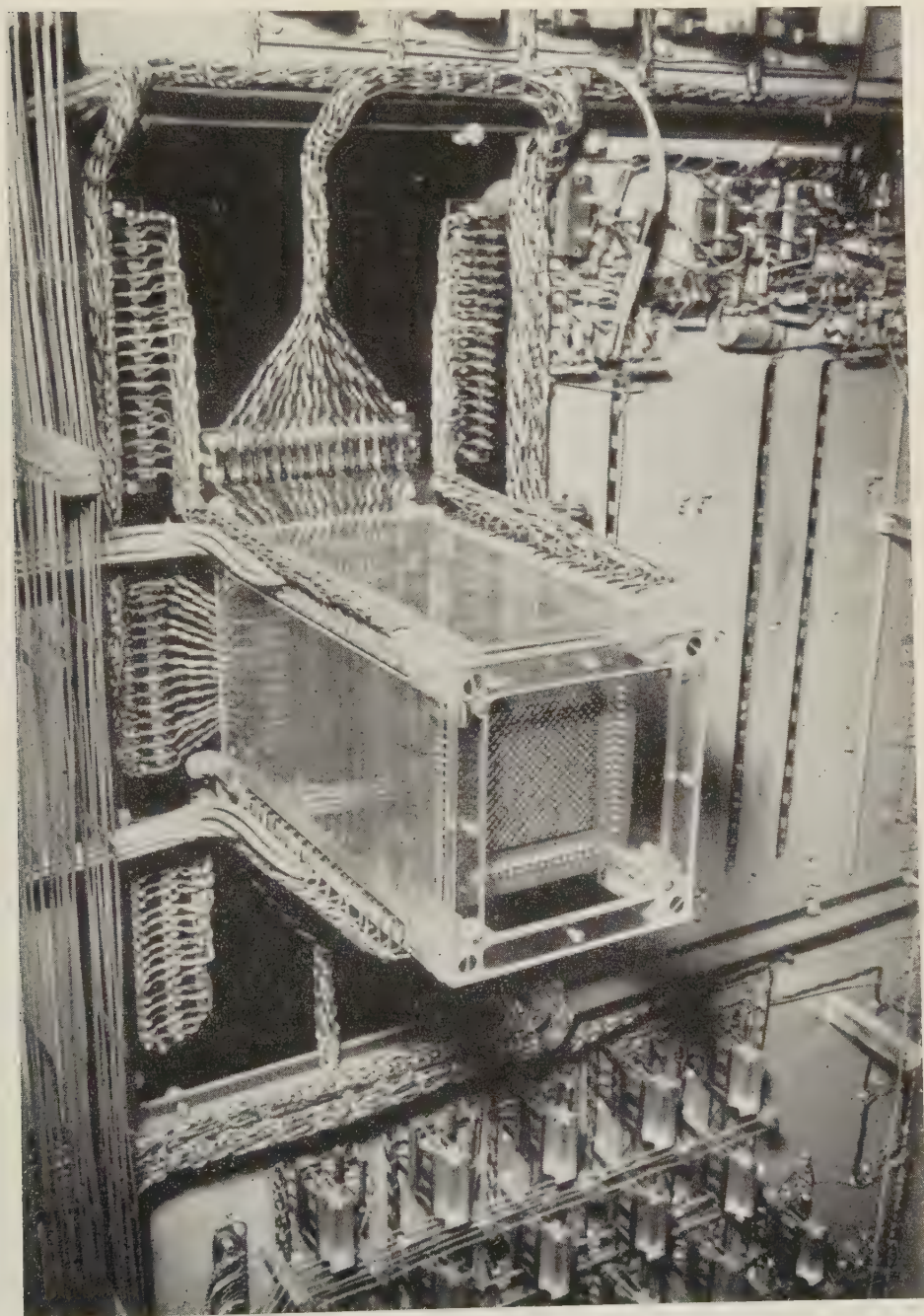


Fig. 4. - Particolare della « Macchina Ridotta » del C.S.C.E.: La « memoria a nuclei magnetici ».

ritenuto opportuno impegnare la macchina ridotta per eseguire alcuni calcoli, richiesti da vari Istituti, che rientrassero nelle limitate prestazioni accennate. Nella Tab. VI sono elencati i problemi risolti dalla « macchina ridotta » e sono indicati gli Istituti che hanno richiesto il calcolo ed i ricercatori che ne hanno effettuata la programmazione.

In Fig. 3 è una vista di insieme della « macchina ridotta ». La Fig. 4 è una fotografia della « memoria a nuclei magnetici ».

14. — Macchina definitiva.

La macchina definitiva conserverà la velocità base della macchina ridotta dalla quale, peraltro, differirà sostanzialmente nella struttura delle istruzioni (e quindi nella programmazione) nonché nelle caratteristiche generali (in parte già riportate nella Tab. 2), che qui appresso elenchiamo:

- a) Parole di 36 cifre binarie (10,8 decimali) anzichè 18.
- b) Moltiplicazione e divisione per singole istruzioni, tempo di esecuzione circa 200 μ s.
- c) Memoria principale a nuclei magnetici di 4096 parole di capacità, estensibili fino a circa 30 000 parole.
- d) Memoria ausiliaria a tamburo magnetico, di capacità intorno a 12 000 parole, con tempo di accesso massimo di circa 20 ms.
- e) Entrata a lettore fotoelettrico (400 caratteri al secondo) con possibilità di introduzione di nastro magnetico (salvo l'aggiunta di opportune apparecchiature di adattamento).
- f) Uscita su stampatore parallelo, velocità 150 linee al minuto, con possibilità di introduzione di nastro magnetico.
- g) Numero dei componenti e consumo da 3 a 4 volte i corrispondenti della macchina ridotta.

La macchina definitiva sarà, come si vede e come già affermato, una calcolatrice di grandi prestazioni, confrontabile ad una I.B.M. tipo 704 e capace, pertanto, di essere in grado per molti anni di risolvere praticamente tutti i problemi che si presume le saranno richiesti.

Il completamento dei lavori di costruzione della macchina definitiva dovrebbe avvenire entro l'anno 1959, in conformità con i piani di lavoro elaborati al tempo della istituzione del Centro. La messa a punto della macchina potrà peraltro richiedere vari mesi. Del tempo dovrà ancora trascorrere, inoltre, prima di avere la calcolatrice corredata di tutti quei sottoprogrammi che ne renderanno agevole l'impiego nelle più svariate applicazioni.

15. — Programmazione dei calcoli.

Il Centro intende mettere la propria calcolatrice elettronica a disposizione dei richiedenti, con precedenza e trattamento preferenziale agli Istituti Scientifici in generale e, in particolare, agli Enti che hanno contribuito con finanziamenti alla realizzazione della macchina (Università di Pisa, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Società Olivetti, ecc.). In accordo con il parere di vari fisici con autorevole esperienza sull'argomento, consultati in proposito, ed in conformità con la linea adottata dalla maggiore parte delle istituzioni straniere consimili, si pensa di adottare quella soluzione intermedia, nota come « service, shop » cui si è precedentemente accennato parlando della importanza delle calcolatrici elettroniche per l'Ingegneria Nucleare. I presumibili utenti della macchina debbono pertanto porsi tempestivamente in grado di preparare direttamente i programmi relativi ai calcoli che ad essi interessano. Il Centro metterà a disposizione di essi il proprio personale specializzato, sia per i necessari controlli, sia per la generica assistenza nell'uso della macchina, sia, infine, per consultazioni inerenti agli stessi programmi.

Sono allo studio alcuni sistemi di programmazione automatica con il fine di facilitare al massimo l'impiego della calcolatrice, risparmiando all'uomo la parte più meccanica del lavoro di programmazione e permettendogli di apprendere assai più agevolmente e più rapidamente come programmare un calcolo numerico. Per quanto la programmazione automatica possa ridurre considerevolmente l'entità dei lavori di programmazione, essa non potrà comunque essere estesa a qualsiasi tipo di calcolo. Al momento opportuno il Centro istituirà perciò corsi speciali di programmazione intesi a mettere i ricercatori interessati all'impiego della macchina in condizioni di raggiungere rapidamente una preparazione sufficiente. La durata di questi corsi e delle relative esercitazioni sulla macchina dovrebbe essere di alcune settimane.

16. -- Presumibile impiego della macchina definitiva.

Una calcolatrice elettronica del tipo che si sta costruendo al Centro ha così vaste possibilità di impiego che è praticamente impossibile elencarle. Può essere peraltro conveniente classificare i problemi da risolvere con l'ausilio di un simile strumento nelle tre seguenti categorie:

a) Problemi di notevole complessità, che — anche per un singolo caso — richiedano l'esecuzione di un grandissimo numero di operazioni elementari e lavorino su un gran numero di dati, o debbano fornire un elevato numero di risultati. Rientrano ad esempio in questa classe l'integrazione di equazioni alle derivate parziali con condizioni al contorno complicate, il calcolo di inte-

grati su più dimensioni, la determinazione di autovalori di matrici di ordine elevato.

b) Problemi di semplice soluzione, ma che richiedono procedimenti molto lunghi o da ripetersi molte volte. Tipici di questa classe sono i metodi iterativi per la risoluzione di svariate equazioni, come pure tutti i metodi detti di Monte Carlo, classificazione di vasti insiemi di risultati e classificazione statistica di un insieme di dati.

c) Problemi che non presentano alcuna difficoltà nè concettuale nè di tempo per la loro soluzione in casi singoli, ma che vanno ripetuti un gran numero di volte con variazioni nei dati iniziali. Come esempi si pensi alle analisi di reazioni tra particelle elementari o in generale alla elaborazione di risultati di esperienze che richiedono lunghe serie statistiche.

Mentre è probabile che i calcoli del primo tipo interessino principalmente la fisica teorica e l'ingegneria, si pensa che molti problemi delle classi *b)* e *c)* si presentino continuamente nelle ricerche di chimica, cristallografia, geofisica, e simili, nonchè naturalmente nella fisica sperimentale. Si ritiene pertanto che i ricercatori scientifici potranno ricevere un valido aiuto nel loro lavoro da un impiego razionale ed estensivo della calcolatrice elettronica in costruzione al Centro, e che tale aiuto sarà tanto più efficace quanto più, nell'impostazione del calcolo e nella programmazione sulla macchina, si farà direttamente uso del significato concreto del problema in questione.

17. — Possibili sviluppi futuri del C.S.C.E.

Varie sono le direzioni in cui può svilupparsi l'attività di ricerca di un Centro del tipo del C.S.C.E. La gamma dei soggetti possibili va dai problemi di ingegneria elettronica applicata alle calcolatrici, ai problemi di logica-matematica, allo sviluppo di nuove tecniche di programmazione, o ancora alla teoria delle informazioni, ecc.

Perciò in questo momento, in cui gli sforzi dei ricercatori sono tutti tesi verso la realizzazione della macchina e l'organizzazione della relativa programmazione, è difficile prevedere quali saranno le linee di ricerca seguite di qui a qualche anno. Ma appare fin d'ora della più alta utilità rafforzare e sviluppare i rapporti tra il Centro di Pisa ed Istituzioni straniere consimili, con inviti di esperti stranieri, con l'organizzazione di eventuali Congressi specializzati o, infine, con l'istituzione di corsi sulle Calcolatrici elettroniche di carattere internazionale, del tipo di quelli che, nei più svariati settori, sono tenuti ogni anno all'ormai famosa Scuola Internazionale di Varenna.

I criteri di progettazione logica della calcolatrice elettronica del Centro Studi Calcolatrici Elettroniche di Pisa.

A. CARACCILO (*) ed E. FABRI (**)

Centro Studi Calcolatrici Elettroniche dell'Università - Pisa

In questa nota esporremo sommariamente i problemi di base connessi con la progettazione logica di una calcolatrice elettronica a cifre e descriveremo i criteri generali seguiti nell'impostazione del progetto logico della calcolatrice in costruzione presso il Centro di Pisa.

Per tutte le apparecchiature di una certa complessità si può parlare di uno stadio di « progettazione logica » inteso come lo studio preliminare delle connessioni fra le varie parti opportunamente schematizzate, e della loro subordinazione funzionale. Ma in nessuna apparecchiatura questo aspetto assume un'importanza addirittura basilare, come accade per le calcolatrici elettroniche a cifre, per le quali tale studio non si limita ad una fase preliminare, ma deve essere condotto rigorosamente a termine in ogni dettaglio, avvalendosi di opportune tecniche in gran parte tratte dai formalismi della logica matematica classica.

Ciò dipende non tanto dalla complessità particolarmente notevole di queste macchine, quanto proprio dal fatto che una calcolatrice automatica a cifre è intrinsecamente una macchina di tipo essenzialmente logico.

Nel senso più generale del termine, infatti, una calcolatrice è una macchina ideata e costruita proprio con lo scopo di eseguire nel modo più automatico ed efficiente possibile operazioni di tipo logico-matematico: cioè di tipo essenzialmente logico dato che anche le operazioni aritmetiche sono riconducibili — e in questo caso devono essere senz'altro ricondotte — a operazioni logiche.

(*) Distaccato dalla Sezione di Pisa dell'I.N.F.N. presso il C.S.C.E.

(**) Attualmente all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa.

Ci si può rendere conto di ciò considerando il fatto che una calcolatrice elettronica è in sostanza un sistema fisico che accetta dall'esterno soltanto delle « informazioni » scritte in un conveniente codice discreto, le elabora in base alle stesse informazioni ricevute e fornisce automaticamente, su un opportuno mezzo di uscita, il risultato di tale elaborazione.

Le informazioni che devono essere fornite a una C.E. per una data applicazione comprendono quindi non solo i « dati » da elaborare, ma anche il « programma », inteso come la successione di « istruzioni » che la macchina deve via via eseguire per giungere ai « risultati » voluti.

Dati e risultati sono nella maggioranza delle applicazioni, per lo meno attualmente, numeri, e più precisamente numeri che rappresentano risultati di misure fisiche o comunque rappresentativi di grandezze fisiche: ma questa limitazione è tutt'altro che essenziale ed ogni calcolatrice a programma è in grado di elaborare o trasformare informazioni di natura qualsiasi semplicemente operando secondo un « calcolo » puramente logico su un'opportuna rappresentazione discreta delle informazioni stesse.

Tali macchine sono inoltre « universali » in quanto ognuna di esse può eseguire (per lo meno in linea di principio) un calcolo qualsiasi: basta farne il programma che consiste essenzialmente in una descrizione del calcolo in termini di un piccolo numero di istruzioni elementari. La lista delle operazioni elementari è caratteristica di una data macchina: è anzi l'elemento fondamentale che la caratterizza assieme a poche altre informazioni generali quali lo schema generale della macchina, il sistema di rappresentazione adottato, la capacità dei sistemi di memoria, il tipo delle apparecchiature di entrata e di uscita, ecc. Ciò non toglie che tutte le macchine siano logicamente equivalenti, in quanto è sempre possibile, ricorrendo ad opportune tecniche di programmazione indiretta, simulare su una macchina qualsiasi un'altra macchina qualsiasi, comunque ne varino le caratteristiche fondamentali, alla sola condizione che la memoria sia sufficientemente grande (ciò che può presentare difficoltà pratiche, ma non di principio) e che la lista delle istruzioni fondamentali contenga un minimo di operazioni elementari, che sono poi le stesse che servono perchè la macchina sia in grado di effettuare i più semplici calcoli aritmetici. In pratica ogni macchina possiede una lista di istruzioni molto più ampia di quanto sia strettamente necessario dal punto di vista logico e questo allo scopo di semplificare quanto più possibile l'opera di programmazione (spesso tutt'altro che agevole) e per aumentare l'« efficienza » generale della macchina.

Il problema fondamentale da risolvere nella progettazione logica di una data calcolatrice elettronica è quindi quello di cercare di raggiungere la massima efficienza compatibile con gli altri requisiti fondamentali di natura tecnica o economica. Nella soluzione di questo problema si deve inoltre tener conto del particolare campo di applicazione, in quanto l'efficienza di una data macchina varia a seconda della natura delle applicazioni.

In pratica si tratta di effettuare una serie di scelte, alcune di natura fondamentale, altre più particolari, fra le diverse impostazioni e soluzioni possibili tenendo presenti fattori ed esigenze a volte fra loro contrastanti.

Nel nostro caso specifico, data la natura e gli scopi del Centro, si trattava di costruire una macchina adatta essenzialmente a scopi scientifici. Questo fatto ha portato di per sè ad alcuni orientamenti fondamentali. Primo fra questi all'esigenza di costruire una macchina quanto più possibile veloce e dotata di una logica ricca e flessibile. Una seconda esigenza fondamentale era quella di prevedere una macchina facilmente modificabile o ampliabile nel caso che, come poi di fatto è accaduto, si fosse potuto o dovuto procedere a perfezionamenti e ampliamenti anche considerevoli. Un terzo requisito di cui si è tenuto conto sin dall'inizio concerneva l'adozione di un tipo di istruzione che agevolasse per quanto possibile l'opera di programmazione sia diretta che indiretta incrementando al tempo stesso l'efficienza generale della macchina.

Le decisioni fondamentali che sono state prese in questo senso sin dagli inizi e mantenute sia nel progetto logico della « macchina ridotta », sia nelle successive rielaborazioni del progetto logico della macchina definitiva, ora in costruzione, si possono riassumere nei punti seguenti.

1) *Uso del sistema binario puro.* È questo il sistema generalmente adottato nelle macchine scientifiche in quanto permette di associare una grande flessibilità logica alla massima semplicità strutturale.

2) *Organizzazione in parallelo.* Permette, a parità di tecniche costruttive, la massima velocità operativa in quanto tutte le cifre binarie di una parola (che è l'unità « standard » di informazione, composta per « la macchina definitiva » di 36 cifre binarie) vengono trattate nelle reti logiche o trasferite tra i vari organi dotati di memoria tutte simultaneamente.

3) *Funzionamento in continua,* ovvero sia trasmissione delle informazioni mediante livelli di tensione anzichè mediante impulsi.

Questa è una decisione essenzialmente tecnica, che ha però un grande rilievo anche dal punto di vista logico perchè influenza in modo decisivo sia la formulazione dello schema logico generale, sia la progettazione logica dettagliata dei vari elementi.

A questo proposito è da notare che sebbene questa tecnica sia stata usata già da diverso tempo nelle macchine in parallelo e vada sempre più diffondendosi nelle moderne macchine veloci, essa non appariva descritta in modo sistematico agli inizi del nostro lavoro di progettazione e spesso appena distinta dal funzionamento ad impulsi.

Una prima conseguenza dell'adozione di questo tipo di funzionamento è la possibilità di separare nettamente gli organi dotati di memoria (essenzialmente i registri) dalle reti logiche. Dal punto di vista logico i primi si possono consi-

derare come «attivi» in quanto «portatori di informazione», mentre le reti logiche sono organi «passivi» in quanto semplici «trasformatori» o «combinatori» di informazione. I registri sono caratterizzati dall'essere in un dato stato, che ne determina il contenuto costante, sempre presente sotto forma di livelli di tensione all'uscita, fino a che un comando di «scrittura» non determina la trascrizione dell'informazione presente, anch'essa sotto forma di livelli di tensione, all'ingresso del registro stesso. Le reti logiche hanno invece solo delle entrate e uscite in continua senza linee impulsive di comando. Le uscite sono direttamente funzioni delle entrate, esattamente esprimibili in termini di algebra di Boole, e variano al variare di queste. Le entrate di una rete logica sono tutte equivalenti: giova però distinguerle in entrate principali e in entrate secondarie e pensare l'uscita come una funzione delle «informazioni» presenti sulle entrate principali specificata dai «segnali» presenti sulle entrate secondarie. Un esempio tipico è dato da un «commutatore» la cui uscita riproduce l'una o l'altra delle parole presenti alle entrate principali a seconda della combinazione dei segnali presenti sulle entrate secondarie. Questa distinzione permette una schematizzazione assai semplice del funzionamento di una macchina di questo tipo, e fornisce un procedimento sistematico di progettazione, che è interessante delineare.

La macchina procede eseguendo istruzioni. Ogni istruzione consiste nello «scrivere» in un registro o in una cella di memoria (per le quali occorre anche una preventiva operazione di «lettura» che consiste nel trasferire impulsivamente il contenuto di una cella nel registro di uscita della memoria stessa) una qualche combinazione logica, che varia da istruzione a istruzione, delle informazioni contenute in certi registri specificati dall'istruzione stessa. In molte istruzioni occorrono più fasi successive tutte, di questo tipo, che vengono dette microistruzioni.

La progettazione di una macchina, almeno in linea di principio, comincia con la formulazione della lista delle istruzioni specificando per ciascuna di esse in quali registri si debba scrivere e che cosa. Per le istruzioni che si compongono di più microistruzioni tale specificazione va effettuata per le singole microistruzioni. I registri vengono poi connessi tra loro con delle reti logiche e la lista delle microistruzioni analizzata specificando per ogni rete logica quale funzione delle entrate principali si deve avere sull'uscita perchè di fronte a questo o a quest'altro registro si presenti l'informazione corrispondente all'esecuzione di quella data microistruzione. Eseguire una microistruzione significa appunto inviare ai registri interessati il comando di scrittura. Dall'espressione in termini di algebra di Boole delle funzioni che una data rete deve poter svolgere, si ricava immediatamente la struttura logica dettagliata della rete stessa e le combinazioni di segnale necessarie. La soluzione non è unica, in relazione al fatto che vi sono diverse espressioni booleane equivalenti: la scelta va effettuata in base a criteri di minimo, essenzialmente di ordine tecnico.

Precisata la struttura dettagliata di tutte queste reti logiche risulta anche

determinata (a meno di soluzioni equivalenti) per ogni microistruzione la combinazione dei segnali che il controllo della macchina, più precisamente quella parte che abbiamo denominato Selettore di Segnali, deve presentare alle entrate di segnale di tutte le reti logiche. Fra questi segnali sono ovviamente da includere anche le informazioni che il Controllo stesso deve ricevere per la selezione della microistruzione successiva, e i segnali che devono giungere al Temporizzatore, che è l'organo che smista, proprio in base a tali segnali, gli opportuni comandi di scrittura ai vari registri. La possibilità di separare in modo così netto le varie fasi di progettazione, anche se in pratica le esigenze di minimizzazione richiedono l'analisi dell'intero complesso, agevola enormemente sia l'opera di progettazione logica che quella elettronica, assai strettamente legata alla prima, e conduce a uno schema generale che rende facili eventuali modifiche a parte difficoltà pratiche connesse a questioni di montaggio. Una conseguenza importante di questa impostazione logico-costruttiva è il completo asincronismo della macchina (ad eccezione degli apparati esterni di natura elettromeccanica per i quali occorre sincronizzarsi su di essi). La frequenza con cui si succedono nel tempo le varie microistruzioni è assolutamente arbitraria, fino a un limite superiore che dipende dal tempo di stabilizzazione delle nuove informazioni sugli ingressi ai registri dopo effettuata una operazione di scrittura.

L'asincronismo viene sfruttato per dare alla macchina la massima velocità e presenta l'enorme vantaggio tecnico di subordinare la velocità operativa alla determinazione sperimentale dei tempi reali di stabilizzazione dei livelli a macchina completamente montata.

Un altro vantaggio di enorme importanza connesso con il funzionamento in continua è la possibilità di avere un'addizionatore simultaneo: la formazione successiva dei riporti allunga ovviamente il tempo di stabilizzazione delle uscite man mano che si sale dagli elementi di coda verso quelli di testa ma non richiede alcuna sincronizzazione fra i vari stadi o il ricorso ad addizioni successive dei vari riporti.

4) *Uso dei registri a ritardo.* Permette una notevole semplificazione dello schema logico. La scrittura in un registro richiede ovviamente un tempo finito durante il quale i livelli di ingresso non devono variare, ciò che rende logicamente ed elettronicamente impossibile far dipendere direttamente i livelli di ingresso di un dato registro dai suoi stessi livelli di uscita, mentre è proprio questa una delle funzioni più frequenti. (Si pensi al registro che funge da accumulatore, quando si debba sommare un numero al suo contenuto precedente). Questa difficoltà può essere risolta o sdoppiando il numero dei registri con scritture alternative, oppure introducendo, lungo la catena che connette l'uscita di un registro alla sua entrata, un ritardo che funzioni da memoria temporanea durante il tempo necessario per effettuare correttamente la scrittura. Tale

ritardo può essere introdotto ovunque, sfruttando magari anche i ritardi naturali connessi con le linee di trasmissione e le reti logiche. Poichè però tale catena varia da caso a caso, mentre il tempo di scrittura è una caratteristica del registro stesso, conviene associare tale ritardo al registro stesso. La soluzione particolare costituisce un problema essenzialmente tecnico e va studiata insieme all'analisi generale dei tempi della macchina. Ma il principio del registro a ritardo ha una grande importanza logica in quanto consente la scrittura in un registro di una funzione del suo contenuto superando le difficoltà logiche ed elettroniche che si presentano nel momento della transizione, senza dover ricorrere allo sdoppiamento dei registri stessi.

5) *Istruzioni a un indirizzo e sistema di modifica automatica delle istruzioni mediante le celle parametriche.* Il tipo di istruzione a un indirizzo, anche se in generale porta a un aumento del numero delle istruzioni occorrenti per la formulazione di un dato programma rispetto al tipo a tre indirizzi, risulta molto più flessibile di quest'ultimo nei calcoli a struttura logico-aritmetica complessa, quali sono di regola quelli scientifici. Le istruzioni a due e quattro indirizzi, che contengono l'indicazione esplicita dell'indirizzo in cui si trova l'istruzione successiva, non ha ovviamente alcun interesse per una macchina con memoria veloce a tempo d'accesso costante per la quale non si presentano problemi di ottimizzazione temporale nella distribuzione in memoria delle varie informazioni.

Il tipo di istruzione a un indirizzo presenta inoltre il grande vantaggio di agevolare l'introduzione di un sistema di modifica automatica delle istruzioni in « fase di chiamata », cioè in quella fase iniziale, che è identica per ogni istruzione, in cui essa viene letta nella memoria e trasferita nel controllo per essere ivi decodificata e quindi eseguita.

L'opportunità di introdurre un sistema di modifica automatica risulta dal fatto che l'operazione di modifica di un'istruzione è fondamentale per ogni calcolo di natura ripetitiva ed è elemento assolutamente essenziale della programmazione di una calcolatrice universale sia dal punto di vista teorico che da quello pratico. Nelle macchine non dotate di sistemi automatici di modifica queste operazioni vengono eseguite mediante ordinarie istruzioni aritmetiche che operano sulla rappresentazione delle istruzioni da modificare. Ciò porta in pratica a notevoli complicazioni di programmazione oltre a richiedere un tempo considerevole durante l'esecuzione dei calcoli. Osservando che la modifica delle istruzioni, come è ben noto, è legata essenzialmente al fatto che gli indirizzi delle celle di memoria in cui sono contenuti i dati sono in generale variabili da caso a caso e dipendono spesso da uno o più indici, si vede facilmente che il problema si riduce essenzialmente a quello di formare degli indirizzi che risultino dalla somma di uno o più parametri o indici.

La modifica automatica consiste nel sommare automaticamente durante la fase di chiamata dell'istruzione alcuni parametri o indici all'eventuale parte

costante dell'indirizzo contenuta nell'istruzione, prelevandolo da opportuni « registri » parametrici o di controllo il cui « indirizzo » deve essere indicato espressamente nella rappresentazione dell'istruzione. Tale modifica è normalmente limitata ad una sola e il numero dei registri disponibili a tale scopo è normalmente assai piccolo per cui il loro uso resta limitato essenzialmente agli indici. Inoltre è necessario introdurre nella lista delle istruzioni « speciali » per effettuare operazioni, confronti ecc. su tali registri di controllo, le quali risultano non modificabili essendo necessario fare uso dell'indirizzo speciale durante l'esecuzione dell'istruzione stessa.

Sin dall'inizio ci è parso importante introdurre un sistema di modifica più potente di quelli solitamente adottati che permettesse sia di rendere modificabili le istruzioni speciali, sia di effettuare più di una modifica, per tenere eventualmente conto anche dei parametri, aumentando inoltre il numero dei registri disponibili. Il primo scopo è stato raggiunto utilizzando per la rappresentazione di un'istruzione un'intera parola (anzichè mezza parola come si faceva di solito) ciò che ha consentito di introdurre due indirizzi speciali distinti uno per la (o le) modifica e il secondo da utilizzarsi durante l'esecuzione delle istruzioni speciali. Tali indirizzi sono inoltre sufficientemente lunghi per poter fare riferimento a un buon numero di registri di controllo. Data la possibilità di utilizzare questi registri per ogni sorta di parametri e per distinguerli da ogni altra soluzione nota li abbiamo chiamati « celle parametriche ».

Dal punto di vista logico-strutturale, inoltre, ci siamo posti il problema di non introdurre organi appositi per le celle parametriche e per le operazioni di modifica allo scopo di non introdurre complicazioni tecniche nella macchina ma di far uso per le celle parametriche di normali celle di memoria e del normale addizionatore dell'unità aritmetica per l'esecuzione delle modifiche. Questa decisione presenta però lo svantaggio di richiedere un allungamento del tempo necessario per la fase di chiamata di un'istruzione in quanto per ogni modifica si rende necessaria una lettura di memoria. Le varie decisioni di dettaglio hanno subito profonde variazioni nel corso della progettazione: la soluzione definitivamente adottata è descritta nella comunicazione di A. CARACCILO, L. GUERRI *Le caratteristiche della macchina definitiva del C.S.C.E. di Pisa dal punto di vista logico matematico* (*). Essa differisce notevolmente da quella originaria descritta nella relazione presentata da A. CARACCILO, G. CECCHINI, E. FABRI e S. SIBANI su *Programmi e attività del Centro Studi Calcolatrici Elettroniche dell'Università di Pisa* (**).

(*) Resoconto del XLIV Congresso della Società Italiana di Fisica, Palermo, 6-11 Novembre 1958.

(**) Atti del Convegno sui Problemi dell'Automatismo (Milano, 1956) a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 1957.

Si può tuttavia rilevare che si tratta essenzialmente dell'evoluzione di una linea di pensiero che ha accompagnato il progetto sin dall'inizio. Ed è inoltre da notare che tutte le variazioni introdotte sia nella lista delle istruzioni che nella loro struttura, si sono potute realizzare con modifiche relativamente lievi dello schema generale, che ha sempre conservato pertanto le stesse caratteristiche generali.

Attività del Centro di Coordinamento Elettronica del C.N.R.N.

B. RISPOLI

Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari - Roma

Il lavoro scientifico nel campo della fisica nucleare fondamentale ed applicata è strettamente legato (e sempre più lo sarà nel seguito) allo sviluppo di tecniche di avanguardia. Fra queste l'elettronica giuoca un ruolo fondamentale.

Può dirsi che la possibilità di progredire rapidamente nel campo nucleare è per larga parte condizionata alla facilità di approvvigionamento di apparecchiature elettroniche di alta qualità. Questa affermazione è talmente ovvia che non ha bisogno di dimostrazione.

Ben sanno coloro che quotidianamente nei nostri laboratori combattono le battaglie proprie dei ricercatori, quanto siano gravi le deficienze dell'industria italiana nel settore della elettronica nucleare; questa situazione porta generalmente a riempire i nostri laboratori, almeno quelli più largamente dotati di mezzi, a procedere a massicce importazioni di apparecchi stranieri il che, a prescindere da ovvie considerazioni di politica finanziaria e monetaria, porta un notevole ritardo nella ricerca in quanto è spesso necessario attendere mesi prima di riuscire ad avere nel proprio laboratorio un apparecchio importato dall'estero. D'altra parte i laboratori meno dotati che non possono permettersi di acquistare costose apparecchiature sono costretti a fabbricarsi da sé gli apparecchi elettronici necessari alle esperienze il che è altrettanto grave in quanto sottrae i fisici dal loro lavoro fondamentale, vale a dire la ricerca in fisica.

Partendo dalle precedenti osservazioni, il Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari ha ritenuto necessario creare un suo organo avente per compito di stimolare e coordinare gli sforzi italiani onde portare la nostra industria ad un ragionevole livello di produzione sia dal punto di vista quantitativo, sia soprattutto dal punto di vista della qualità.

È così nato, nei primi mesi del 1957, il Centro di Coordinamento Elettronica (CELE) cui furono assegnati i seguenti compiti:

- 1) Elaborazione di opportune norme di unificazione e standardizzazione dei componenti e delle apparecchiature.
- 2) Organizzazione di un servizio di informazioni tecniche, commerciali e scientifiche.
- 3) Elaborazione di un piano di sviluppo di prototipi industriali.
- 4) Concessioni ad industrie di licenza di costruzione dei prototipi studiati.

Il Centro ha dunque come compito fondamentale di studiare i prototipi industriali degli apparecchi più comunemente richiesti dai laboratori italiani per poi passarli interamente per la costruzione in serie a quelle industrie che diano garanzie di serietà.

Naturalmente la fase di creazione ed organizzazione del Centro ha richiesto un lungo tempo, ed è tuttora in sviluppo. Oggi il centro è composto di 30 persone di cui 10 laureati ed è provvisoriamente ospitato dall'Istituto di Fisica dell'Università di Roma ma entro pochi mesi si trasferirà in altra sede insieme con altri laboratori del C.N.R.N.

Il Centro è articolato in tre distinte sezioni:

- 1) la sezione industriale che ha per compito lo studio dei prototipi industriali;
- 2) la sezione fisica specializzata nei problemi connessi con la rivelazione delle particelle elementari, elaborazione delle informazioni e loro registrazione;
- 3) la sezione controlli specializzata nei problemi della simulazione di reattori, controllo reattori e calcolo analogico.

La sezione fisica e la sezione controlli hanno genericamente il compito di collaborare con i fisici nella progettazione, costruzione delle apparecchiature ed esecuzione di esperienze presso il Sincrotrone Nazionale, presso Reattori di ricerca e presso il laboratorio dei gas ionizzati. Sono infatti in corso o in stato di realizzazione, un contatore di Čerenkov a gas di elevata efficienza, di cui è stata data comunicazione in questo Congresso; uno spettrometro a coppie di elettroni per la taratura del fascio di raggi γ dell'Elettrosincrotrone; uno spettrometro a cristallo per neutroni per il Centro Nazionale di Ispra.

La collaborazione che i ricercatori del Centro offrono per la realizzazione di importanti apparecchiature per la fisica nucleare si è rivelata estremamente utile per i compiti del Centro stesso in quanto permette di collaudare a fondo le apparecchiature progettate e costruite presso il centro in una specifica esperienza; lo studio del prototipo industriale da parte della sezione industriale è il risultato delle esperienze acquistate dalle sezioni fisica e controlli in collaborazione con gruppi di ricercatori esterni al Centro di Coordinamento Elettronica.

Non mi dilungherò ora ad illustrare i primi risultati ottenuti; è comunque da tener presente che finora la maggior attività del Centro è stata la propria organizzazione e che la produzione vera e propria è appena cominciata. Accennerò tuttavia ai primi apparecchi che l'industria è già in grado di costruire su licenza del C.N.R.N.

È utile premettere che la prima attività del Centro è stata quella di stabilire opportune norme di standardizzazione e per questo si sono adottati quasi integralmente gli standards del CERN.

Le apparecchiature di progetto del Centro già concesse in licenza ad industrie sono date in allegato.

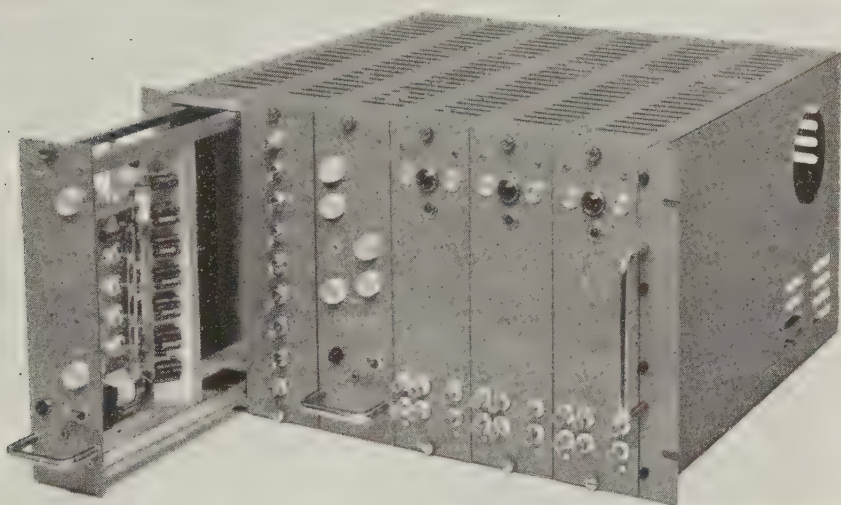


Fig. 1.

Per quanto riguarda i programmi di lavoro per l'immediato futuro, sono in corso di realizzazione i seguenti apparecchi:

1) Amplificatore distribuito con impedenza di entrata e uscita 125Ω con amplificazione 10, tempo di salita 2 ns.

2) Coincidenza rapida standard tripla (riducibile a doppia) con impedenza 200Ω e potere risolutivo 5 ns.

3) Coincidenza tripla eventualmente riducibile a doppia e una anticoincidenza con potere risolutivo e impedenza 200Ω .

4) Demoltiplicatore rapido di impulsi con potere risolutivo 50 ns e demoltiplica 16.

5) Complesso per coincidenze e anticoincidenze rapide con potere risolutivo dell'ordine di 5 ns. Tale complesso è la versione con sistema modulare a

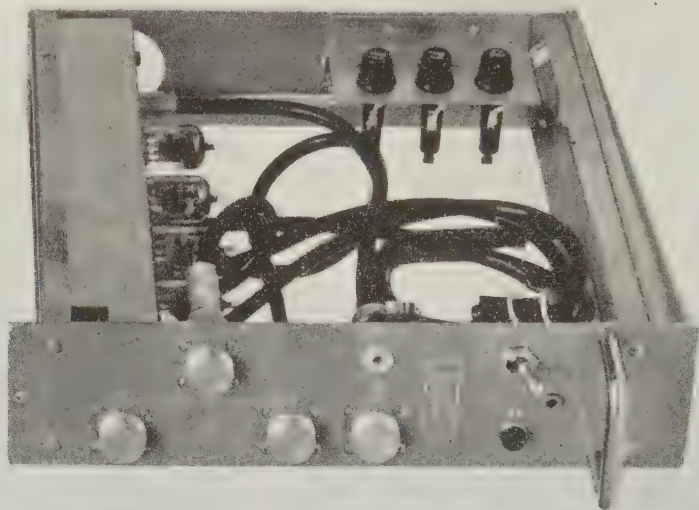


Fig. 2.

cassetti (Fig. 1) degli apparecchi di cui ai n. 1-2 con impedenza 125 Ω . Il complesso comprende:

- a) coincidenza tripla (o doppia) (Fig. 2);
- b) coincidenza tripla (o doppia) con anticoincidenza;

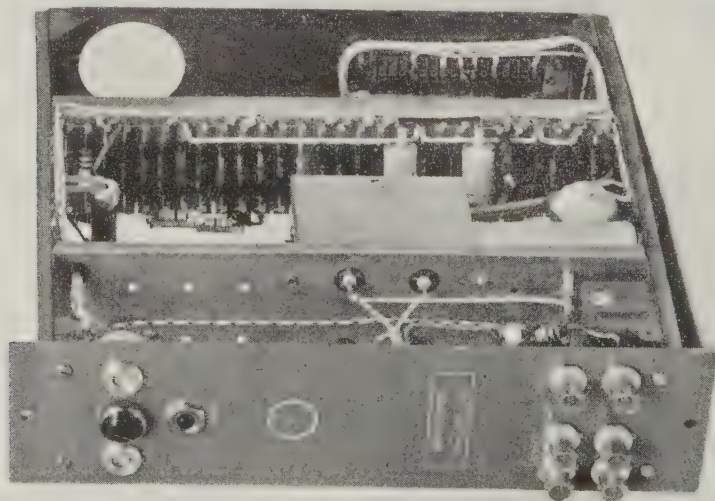


Fig. 3.

e) amplificatore distribuito con tempo di salita 2 ns e amplificazione 5 quale amplificatore interstadio o come preamplificatore per la coincidenza (Fig. 1: cassetto estratto);

d) discriminatore rapido (dell'ordine di 10 ns);

e) demoltiplicatore di impulsi con potere risolutivo di 50 ns e demoltiplica 8 quale « Prescaler »;

f) attenuatore resistivo con impedenza caratteristica 125 Ω (Fig. 1).

6) Amplificatore operativo in continua quale elemento di calcolo per calcolatrici analogiche e per simulatori di reattori (Fig. 3).

7) Voltmetri elettronici di alta classe.

APPENDICE

Apparecchiature industriali elaborate dal CELE

A) Attrezzature e parti meccaniche.

Modello TN38. — Rack studiato sullo standard fissato dal Centro Europeo per le Ricerche Nucleari (CERN).

Costruttore: ditta Rosselli del Turco, Roma, Via di Tor Cervara, 261.

Modello CN85. — Chassis da 2 a 8 unità, elaborato in modo da consentire notevole libertà nel montaggio.

Costruttore: ditta Rosselli del Turco, Roma, Via di Tor Cervara, 261.

B) Apparecchiature per misure.

Modello GI41 (Fig. 4). — Generatore d'impulsi rapidi realizzato con relais a Hg. Fornisce impulsi rettangolari o esponenziali con tempo di salita inferiore a 0.5 ns, di ampiezza (0÷100) V e frequenza di ripetizione

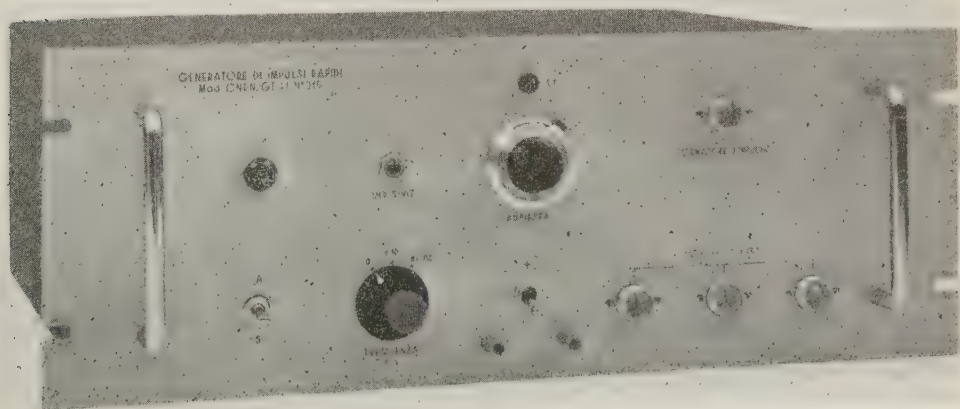


Fig. 4.

($1 \div 100$) Hz. L'impedenza delle tre uscite è 125Ω e i connettori relativi sono del tipo CNRN/IC125. L'alimentazione è incorporata.

Costruttore: Soc. Elettronica Lombarda, Milano, Via Teodosio, 70.

Modello GI70 (Fig. 5). — Generatore d'impulsi calibrati in ampiezza. Fornisce impulsi rettangolari di durata $5 \mu\text{s}$, tempo di salita $0.2 \mu\text{s}$, calibrati in ampiezza da $10 \mu\text{V}$ a 100 V al 3%. Può essere comandato automaticamente con frequenza $1 \text{ Hz} \div 10 \text{ kHz}$ o dall'esterno con impulsi di 5 V . Fornisce pure un impulso di sincronismo in anticipo di $0.4 \mu\text{s}$ sul segnale calibrato. Tutti i connettori coassiali sono di tipo BNC. L'alimentazione è incorporata.

Costruttore: Soc. Elettronica Lombarda, Milano, Via Teodosio, 70.



Fig. 5.

C) Amplificatori.

Modello AR62 (Fig. 6). — È un amplificatore distribuito. Amplificazione 30 db; tempo di salita 3.5 ns ; impedenza d'entrata e d'uscita 200Ω ; pola-

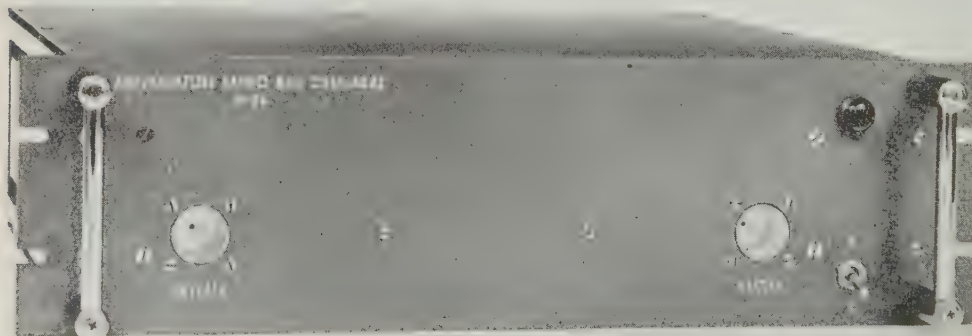


Fig. 6.

rità degli impulsi positiva e negativa; i connettori coassiali sono del tipo CNRN/IC197; alimentazione incorporata.

Costruttore: Italelettronica S.p.A., Roma, Via Pettinengo, 72.



Fig. 7.

Modello A72 (Fig. 7). — È un amplificatore di elevato guadagno. Amplificazione $(40 \div 80)$ db; tempo di salita $0.3 \mu s$; polarità degli impulsi di uscita: positiva; i connettori coassiali sono del tipo BNC; alimentazione incorporata. Costruttore: Italelettronica S.p.A., Roma, Via Pettinengo, 72.

H) Apparecchiature varie.

Modello IC197. — Serie di innesti coassiali per cavi da 197Ω . Comprende attualmente un maschio (M), due tipi di femmina (F e Fb), un doppio maschio ($2M$) e una doppia femmina ($2F$). Sono intercambiabili con quelli adottati dalla Hewlett Packard sugli amplificatori distribuiti 460 A e 460 B. Costruttore: ditta Gregorini, Roma, Via di Villa Torlonia, 10.

Modello IC125. — Serie di innesti coassiali da 125Ω ad impedenze costanti. Comprende attualmente un maschio (M), una femmina (F), un maschio terminale (Mt) con alloggiamento per la resistenza di adattamento o per qualsiasi altra terminazione verso massa; una doppia femmina ($2F$). Costruttore: ditta Gasbarrone & Comola, Roma, Via Apulio, 18.

Modelli A75, A125, A197 — Sono attenuatori studiati per la tecnica dei nano-secondi, con impedenza costante di 75Ω , 125Ω , 197Ω rispettivamente. L'attenuazione è variabile a scatti di 1 db da zero a 64 db per i modelli A75 e A197; a scatti di 0.4 db da zero a 95.3 db per il modello A125 (Fig. 8).

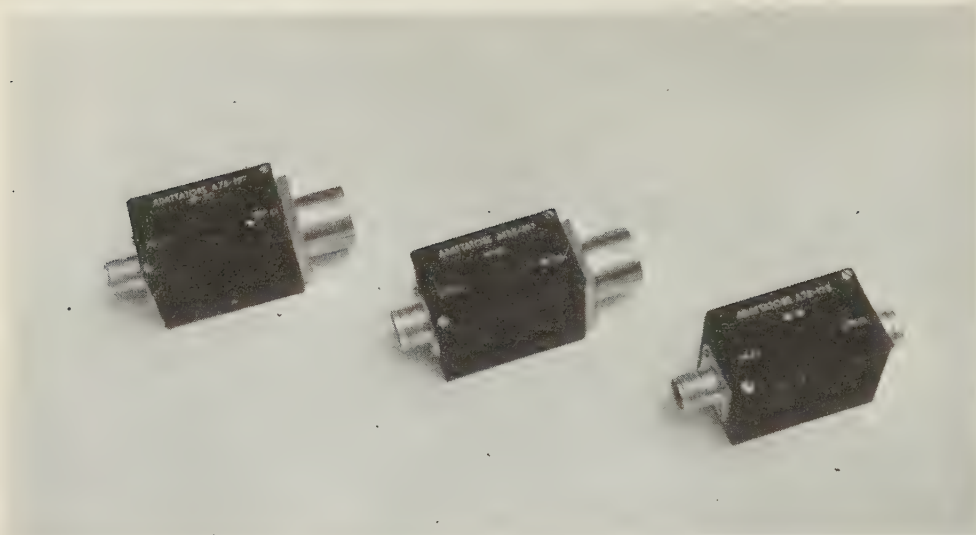


Fig. 8.

Modelli A75-125, A125-197, A75-197 (Fig. 8). — Sono adattatori d'impedenza, studiati per il collegamento corretto di apparecchi che lavorano su impedenze diverse, nella tecnica dei nanosecondi. I tre modelli adattano rispettivamente le impedenze $(75 \div 125) \Omega$; $(125 \div 197) \Omega$; $(75 \div 197) \Omega$.

L'attività del Comitato Regionale Ricerche Nucleari della Sicilia.

M. SANTANGELO

Comitato Regionale Siciliano per le Ricerche Nucleari - Palermo

Il Comitato Regionale per le Ricerche Nucleari fu istituito con la legge n. 50, approvata dalla Assemblea Regionale Siciliana il 25 Luglio 1957 e pubblicata sulla *Gazzetta Ufficiale della Regione* il 5 Agosto dello stesso anno.

La legge che porta il titolo: «Provvidenze per lo sviluppo e l'incremento delle ricerche di Fisica Nucleare pura e applicata in Sicilia», fissa all'art. 3 come compito del Comitato stesso quello di coordinare i programmi di ricerche condotte presso il Centro Siciliano di Fisica Nucleare di Catania e presso le Università di Palermo, Catania e Messina e di redigere il piano di spese.

Il Comitato, che è presieduto dal Presidente della Regione, è composto oltre che dai Professori di Fisica Sperimentale, Superiore e Teorica delle tre Università Siciliane, dal Direttore del Centro Siciliano di Fisica Nucleare che ha sede in Catania, da un rappresentante per ciascuna Università Siciliana, da un professore titolare della Facoltà di Ingegneria di Palermo e da un membro designato dal Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari di Roma.

Il Comitato (C.R.R.N.) si insediò il 9 Maggio 1958 e, presenti tutti i membri, iniziò subito la sua attività secondo quanto disposto dalla citata legge n. 50.

Prima ancora di parlare della attività svolta dal Comitato in questi pochi mesi di vita, penso sia opportuno ricordare brevemente le condizioni ambientali che hanno determinato la sua nascita. Nell'immediato dopoguerra la situazione della ricerca e dell'insegnamento nel campo della Fisica nelle Università Siciliane, era la seguente: gli Istituti erano stati fortemente danneggiati, il personale disperso, ridotto al minimo e con condizioni ambientali da rendere la sua opera particolarmente difficile. Di contro la massa studentesca era verti-

ginosamente aumentata. La ricerca in queste condizioni era pressochè impossibile, e diventava sempre meno produttiva.

Per sanare una tale situazione, quasi fallimentare, occorreva innanzitutto tenere presente la assoluta necessità di procedere nella ricostruzione senza disgiungere l'attività di insegnamento da quella della ricerca scientifica. Non è possibile, infatti, mantenere vivo e vitale un nucleo di ricerca se esso non sia affiancato da una scuola efficiente che produca e formi giovani apportatori di nuove idee e di fresche energie; e d'altra parte sarebbe impresa, destinata a fallire, il volere formare nuovi ricercatori e nuovi insegnanti, se non è possibile far prendere loro contatto con le discipline studiate, oltre che attraverso i libri, anche attraverso la ricerca attiva che li entusiasmi e ne maturi la formazione culturale e spirituale.

A questo criterio fondamentale ci si è uniformati nell'opera di elevazione delle condizioni degli Istituti di Fisica siciliani.

La riorganizzazione dei primi gruppi di ricerche e le prime attrezzature furono realizzate mercè i contributi del C.N.R., del Ministero della Pubblica Istruzione e delle singole Università.

Riprendeva così la produzione scientifica degli Istituti di Fisica della Sicilia. In seguito, nel 1955, veniva costituito a Catania, presso l'Istituto di Fisica di quella Università, il Centro Siciliano di Fisica Nucleare che dava nuovo impulso alla attività di ricerca di quell'Istituto.

Arrivati a questa prima fase, i contributi, avuti saltuariamente, si erano esauriti nello sforzo di realizzare alcune fondamentali attrezzature che permettevano già ricerche a livello internazionale: tra queste voglio ricordare: gli impianti per la risonanza di spin e per le basse temperature a Palermo, l'acceleratore di Van de Graaf a Catania e le tecniche delle emulsioni nucleari a Messina e a Catania.

Parallelamente a questa attività di carattere sperimentale, si veniva intanto affermando una attività di ricerche fisiche teoriche, l'una e l'altra documentate da numerose pubblicazioni largamente apprezzate.

Questi risultati erano stati raggiunti con immenso sforzo, sia di tutto il personale che di mezzi economici; esso non poteva però essere più a lungo mantenuto; perchè tutta l'opera intrapresa non risultasse vana, si rendeva indispensabile un intervento che, assicurando la continuità dei finanziamenti, permettesse la programmazione di piani di ricerca proiettati nel futuro.

La Regione Siciliana, dimostrandosi particolarmente sensibile a questi problemi, intervenne con la legge n. 50, legge alla quale ho già accennato all'inizio di questa mia relazione.

A questo proposito mi piace qui rilevare che gli Organi Regionali, ed in particolare la Commissione Legislativa cui fu affidato l'incarico della preparazione della legge prima della sua presentazione all'Assemblea Regionale, nell'intento di creare uno strumento legislativo veramente funzionale, chiese

ripetutamente il parere dei Fisici, invitandoli anche a partecipare alle sue riunioni.

Si affermò in quella sede il principio, già da me espresso, della opportunità di un rafforzamento parallelo della attività di ricerca e di quella didattica e conseguentemente della necessità di potenziare gli Istituti di Fisica delle Università siciliane ed il Centro Siciliano di Fisica Nucleare.

Furono evitate così le dispersioni dei mezzi e delle persone, utilizzando e sfruttando al massimo gli impianti già esistenti e già scientificamente produttivi.

Il Comitato Regionale impostò il suo lavoro sin dalla sua prima riunione in modo realistico e concreto: i punti sui quali fermò la sua attenzione, furono:

- 1) l'esame dei programmi di ricerche in atto presso i vari Istituti di Fisica dell'Isola;
- 2) la scelta, tra di essi, di quelli suscettibili di essere coordinati in un quadro unitario, nello spirito della Legge Regionale;
- 3) l'incoraggiamento di ricerche nucleari a carattere applicativo che si svolgono in altri Istituti universitari;
- 4) ed infine la preparazione del personale.

In quella seduta, pertanto, il Comitato formulò un programma di ricerche che qui sinteticamente espongo.

Per l'Istituto di Fisica della Università di Palermo: la attrezzatura per la risonanza di spin elettronico, già esistente, veniva utilizzata per lo studio dell'interazione spin elettronico-spin nucleare e per quello riguardante il « radiation damage ». Per queste ricerche è anche in via di realizzazione un impianto per le bassissime temperature. Inoltre, è prevista l'attrezzatura di nuovi laboratori per la didattica nucleare.

Quest'ultima attività si svolge in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria di questa Università, alla quale il Comitato Regionale ha assegnato il compito di potenziare i corsi di perfezionamento di Fisica nucleare applicata, istituiti quest'anno a Palermo, per la prima volta, dal Comitato Nazionale Ricerche Nucleari.

Nel quadro di questo programma il Comitato Regionale, sentito il parere del Comitato Nazionale, ha deciso l'acquisto di un reattore nucleare tipo AGN 201P della Aerojet, da servire per la ricerca e per l'addestramento del personale.

I fondi regionali hanno permesso di potenziare notevolmente le attrezzature e il personale del Centro Siciliano di Fisica Nucleare e dell'Istituto di Fisica dell'Università di Catania, ad essi il Comitato Regionale ha affidato l'incarico di ricerche sul fotoeffetto nucleare e sulla fisica dei neutroni, mentre un gruppo

teorico ha sviluppato in quella sede lo studio delle interazioni di mesoni pesanti, e teorie sul fotoeffetto nucleare.

L'Istituto di Fisica di Messina con i fondi ad esso assegnati dal Comitato Regionale prosegue nell'opera di potenziamento degli studi sulle interazioni nucleari di alta energia, condotti con la tecnica delle emulsioni nucleari. Con questo scopo esso va adeguando le proprie attrezzature alle esigenze delle ricerche in programma, per le quali sta istituendo un gruppo di « osservatori » a cui potere affidare l'esplorazione delle lastre nucleari.

Questo programma di Messina, cui ho accennato brevemente, sarà opportunamente integrato quando verrà chiamato in quella Università il nuovo titolare di Fisica Sperimentale. È intendimento di noi tutti del Comitato far sì che il nuovo Collega trovi in quell'Istituto condizioni e mezzi adatti per un proficuo lavoro.

Ho passato in rassegna sin qui, sia pure molto velocemente, l'attività di ricerca che si va svolgendo nei tre istituti di Fisica ed al Centro Siciliano di Catania. Voglio ora accennare a quanto il Comitato stesso va facendo in favore delle ricerche di fisica nucleare applicata nei diversi campi della Biologia, della Chimica e della Medicina. Nell'Istituto di Anatomia Comparata dell'Università di Palermo si stanno conducendo infatti ricerche di embriologia chimica, mentre in quello di Chimica Generale si trattano problemi riguardanti gli attinidi e nella Clinica Medica si studia, coll'impiego dei radioisotopi, la circolazione cerebrale.

A Catania sono in corso, negli Istituti Universitari di Dermatologia, Radiologia, Patologia Medica, ed in collaborazione con la Microbiologia di Roma, varie ricerche con l'impiego di radioisotopi, anche queste finanziate dal Comitato Regionale. Sono stati impiegati radioisotopi in ricerche sul metabolismo vegetale, sulla terapia sperimentale con bismuto, l'azione di protezione con il calcio e magnesio dai prodotti delle esplosioni atomiche, ed infine la diagnostica tiroidea con radioiodio. Il Comitato infine ha incluso nel suo programma di finanziamento alcune ricerche di cinetica chimica e di polarografia dell'Istituto di Chimica Generale di Messina.

Il Comitato ha destinato una parte dei fondi a sua disposizione a borse di studio, a scambi con laboratori italiani e stranieri, ad organizzazione di riunioni e collaborazione scientifica.

Questo nuovo impulso di attività promossa dal Comitato Regionale Ricerche Nucleari ha dato già i primi risultati, e le prime realizzazioni lasciano bene sperare per l'avvenire.

A questo punto potrei anche chiudere questa mia breve relazione, ma mancherei, stasera, al mio compito di Vicepresidente del Comitato Regionale, se non aggiungessi qualche parola ancora su questioni che penso siano interessanti al pari delle altre. In questo sarò breve, così come ho cercato di esserlo nella prima parte.

Un aspetto fondamentale per il sano sviluppo di un organismo tecnico, quale deve essere il nostro Comitato, è quello che riguarda la sua vita interna e cioè il suo funzionamento amministrativo e le modalità da seguire per l'assegnazione dei fondi. Ognuno di Voi che sia stato in Commissioni o che solamente abbia avuto la veste di semplice richiedente, sa quanto sia difficile ed arduo fissare norme a questo scopo. Pure è necessario farlo; anche la ricerca, oggi più che ieri, ha bisogno di una regolamentazione amministrativa, specie nella sua fase organizzativa.

Il regolamento che il Comitato ha approvato nell'ultima seduta del 28 Ottobre u.s. contiene tali norme: per la formulazione di esse ci si è avvalsi della esperienza acquisita dal Comitato Nazionale Ricerche Nucleari e da altri Enti similari italiani e stranieri. Per quanto riguarda l'assegnazione di fondi per le ricerche è previsto un sistema tipo *contratto* con una prassi di istruzione delle pratiche la più agile possibile, ma che, nello stesso tempo, mette a disposizione del Comitato per le sue decisioni, sufficienti elementi di giudizio, che garantiscono il buon impiego del denaro pubblico.

Sono stati così approntati i mezzi adatti per la sua azione futura: è nostro intendimento sviluppare questa azione, *coordinatamente* alle linee generali della ricerca fisica che viene svolta negli altri Istituti Nazionali; in questo modo noi pensiamo di realizzare nel particolare campo della ricerca i presupposti della nostra autonomia regionale. Come in tutti gli altri rami dell'attività sociale, anche in questo campo l'azione dell'Ente Regione viene ad affiancarsi per completare, ma non sostituire, quella del Governo nazionale. È per questo coordinamento di programmi, ed è per realizzare questa integrazione di sforzi che del nostro Comitato fa parte un rappresentante del Comitato Nazionale Ricerche Nucleari.

Un primo contributo, deliberato dagli organi di quest'ultimo Comitato in favore del nostro, sanziona questo spirito di collaborazione tra i due Enti. Il contributo dovrà servire infatti per integrare il programma formulato per la Scuola di perfezionamento di Fisica Nucleare Applicata di Palermo; esso sarà devoluto alla soluzione del problema dell'addestramento del personale nel campo dei reattori nucleari.

A proposito dell'addestramento del personale va ricordato il corso di perfezionamento per periti tecnici nucleari tenuto presso il Centro Siciliano di Fisica Nucleare di Catania, con larghezza di mezzi e di personale.

Per la formazione del personale di ricerca il Comitato auspica che vengano intensificati gli scambi di giovani ricercatori con laboratori ed istituti nazionali; problema questo particolarmente sentito qui da noi per la particolare posizione geografica delle nostre Università siciliane.

I contributi generosamente stanziati dalla Regione per la Fisica Nucleare in Sicilia segnano indubbiamente una tappa importante nella politica di impiego del denaro pubblico, intesa a potenziare l'insegnamento e la ricerca scien-

tifica. Di fronte però a questa fioritura di iniziative e di realizzazioni, che si concreta per il Comitato in richieste di contributi, il finanziamento fissato dalla legge Regionale Nucleare si presenta già inadeguato. Così, mentre da un lato noi confidiamo nella già provata sensibilità e comprensione dei nostri bisogni da parte degli organi Regionali, siamo sicuri che anche il Comitato Nazionale delle Ricerche Nucleari verrà incontro alle nostre esigenze con spirito di affettuosa collaborazione, cosicchè i nostri Istituti possano decisamente e stabilmente inserirsi nel programma di finanziamento delle ricerche nucleari su base nazionale.

Il programma nucleare italiano dopo la seconda Conferenza di Ginevra.

F. IPPOLITO

Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari - Roma

È stato per me motivo di grave perplessità l'invito rivoltomi cortesemente dal vostro Presidente, prof. GIOVANNI POLVANI, di prendere la parola nella seduta di chiusura di questo vostro convegno; ed io invero l'ho accettato pensando che esso non mi fosse rivolto a titolo personale, ma in considerazione del fatto che nella mia qualità di Segretario Generale del C.N.R.N. avrei forse potuto delineare dinanzi a voi, che siete destinati a porre le basi scientifiche dello sviluppo dell'energia nucleare in Italia, quali sono le vie che si intravedono per l'ulteriore progresso del nostro Paese in questo campo, segnatamente dopo la II Conferenza internazionale di Ginevra.

Alla vigilia di questa Conferenza, come forse ad alcuni di voi è noto, ha visto la luce la pubblicazione dal titolo *Un piano quinquennale per lo sviluppo delle ricerche nucleari in Italia*, un « Libro bianco » — come è stato chiamato — nel quale il nostro Comitato ha illustrato il programma da esso elaborato per le ricerche nucleari, su piano nazionale.

Fin dalla sua costituzione, infatti, nel 1952, il nostro Comitato si era preoccupato di dar vita ad un programma di attività sufficientemente vasto, tale da consentire ai ricercatori italiani di contribuire allo sviluppo delle ricerche nucleari, intese nella loro accezione più vasta, non soltanto nel campo della fisica, ma anche nel campo delle applicazioni della fisica stessa, della chimica, della ingegneria e della biologia.

E il fatto stesso che un interesse governativo, allo sviluppo di tali ricerche in Italia, si fosse rivelato con notevole ritardo, spingeva noi tutti a cercare di recuperare il tempo perduto, realizzando al più presto le attrezzature fondamentali per i primi studi sistematici di carattere applicativo.

Sono troppo note, per volerle qui ricordare, le difficoltà incontrate fin dall'inizio della propria attività dal nostro Comitato: basta solo richiamare alla memoria che soltanto nel 1956-57, grazie alle promesse per adeguati finan-

ziamenti da parte del Governo ottenute a quell'epoca, fu possibile mettere mano all'elaborazione completa di quel piano quinquennale, allora appena sbizzato, che, negli intendimenti del Comitato, doveva essere attuato come premessa per lo sviluppo di un'industria nucleare italiana. Purtroppo, a causa della limitatezza di fondi previsti a tale scopo — 50 miliardi contro i 100 miliardi richiesti — si è dovuto abbandonare parte del programma allora tracciato, e limitarsi alla realizzazione degli obiettivi principali: la preparazione del personale, l'approvvigionamento dei materiali e la costruzione di centri di ricerca, dotati delle attrezzature base, per incrementare gli studi di fisica nucleare fondamentale e dare l'avvio ad un programma di ricerche applicate.

Sono queste le tre direttive principali che sono state seguite dal Comitato fin dall'inizio della sua attività perchè sono queste le attività che non possono venire trascurate, se si vuol giungere ad una utilizzazione su vasta scala dell'energia nucleare, come è necessario nel nostro Paese.

Per quanto riguarda i problemi della preparazione del personale, sono ormai ampiamente noti i dati presi come base dalla apposita Commissione di studio per la preparazione del personale per l'elaborazione del programma di Scuole di Specializzazione: da essi risulta un fabbisogno di personale laureato in 5 anni di 1200 unità.

Per far fronte a tale fabbisogno sono state previste sette Scuole presso le Università di Bologna, Milano, Padova, Palermo, Pisa, Roma e Torino, che avranno il carattere di Corsi di perfezionamento a tipo applicativo per fisici, chimici, biologi ed ingegneri. Parallelamente si svolgerà la preparazione del personale tecnico, appoggiandosi agli Istituti Tecnici Industriali.

Nel campo dell'approvvigionamento dei materiali, molto è stato già fatto per risolvere i problemi di base, se si pensi ai risultati concreti che sono stati conseguiti dalla Divisione Geomineraria del Comitato nella sistematica campagna di prospezioni geologiche sull'intero territorio nazionale. Secondo i dati più recenti, si può ormai affermare che allo stato attuale le cubature sicure, possibili e probabili delle zone più indiziate del sottosuolo italiano sono le seguenti:

negli scisti permiani delle Alpi Marittime e Cozie si prevede entro la fine del 1959 un accertamento definitivo della consistenza dei giacimenti ed a partire dalla metà del 1960 una produzione annua di 65 tonnellate di metallo;

nelle arenarie permiane, dette di « Val Gardena », delle Alpi Centro-Orientali si prevede entro il 1960 un accertamento dei quantitativi sicuri di minerale sufficiente per iniziare la produzione; dalla metà del 1961 in poi si potrebbero produrre 160 tonnellate all'anno di uranio metallico, suscettibili di aumentare negli anni successivi in relazione allo sviluppo degli accertamenti sulla consistenza dei numerosi livelli mineralizzati già conosciuti.

Alla fine del 1962 l'Italia potrebbe pertanto disporre almeno di 450 tonnellate di uranio metallico. Il costo di questo uranio, che raggiungerebbe l'importo di oltre 15 miliardi di lire, non graverebbe più sulla bilancia dei pagamenti in valuta pregiata e la sua produzione darebbe inoltre lavoro direttamente a oltre 2000 persone nelle miniere e negli impianti chimici e metallurgici, senza tener conto naturalmente dell'incremento di occupazione che si sviluppa sempre in conseguenza di una nuova attività industriale.

La realizzazione di questo programma dipende in primo luogo dagli accertamenti di carattere minerario; e poi e soprattutto dalla buona volontà delle società e dei gruppi industriali italiani, che lavorano nella ricerca e nella coltivazione dei giacimenti uraniferi.

Per altro una buona parte del suolo italiano, ove è possibile il ritrovamento di giacimenti uraniferi, non è stato ancora esplorato ed un ampio lavoro futuro di esplorazione potrebbe permettere all'Italia di entrare nel numero dei Paesi produttori di questo elemento.

* * *

Il problema della trasformazione del minerale in uranio metallico di sufficiente purezza è stato d'altronde risolto, in quanto la lavorazione convenzionale del minerale fino alla produzione di sali viene svolta dalle società minerarie, mentre le successive operazioni metallurgiche possono venire attuate presso l'impianto pilota metallurgico del Comitato, attualmente in funzione nel Laboratorio di Milano, in attesa di essere trasferito ad Ispra. Ma su tale impianto non mi dilungo in quanto esso è già stato illustrato nella relazione di SALVETTI, CACCIARI e FRANCO tenuta nel pomeriggio di ieri.

Per quanto riguarda la terza direttiva, che assorbe certamente la maggior parte dei fondi messi a disposizione del C.N.R.N., si può dire che essa si concretizza nella realizzazione di tre centri di ricerca, oltre al finanziamento dell'attività di ricerca fondamentale dell'I.N.F.N. e delle ricerche radiobiologiche. I tre centri che il Comitato ha in fase di costruzione più o meno avanzata sono, come voi ben sapete, i Laboratori Nazionali del Sincrotrone a Frascati, il Centro Nazionale per le Ricerche Nucleari di Ispra ed il nuovo Centro nei pressi di Roma.

Il primo, che si può considerare quasi completato, è destinato essenzialmente a ricerche di Fisica pura, mentre nel secondo, sorto per ospitare il primo reattore di ricerca, l'« Ispra-1 », ed i laboratori connessi, saranno concentrate la maggior parte delle attività di ricerca applicata del C.N.R.N.: fisica e ingegneria del reattore, parte dei laboratori biologici, laboratori di chimica calda, fisica sanitaria e l'impianto metallurgico di cui ho fatto cenno dianzi.

Non mi soffermo comunque su questi centri, perchè su di essi hanno già riferito, in questo stesso Congresso, i rispettivi Direttori. Il terzo Centro, quello di Roma, è ancora in via di progettazione: per esso si è appena provveduto ad acquistare il terreno e si sta lavorando al piano regolatore di massima.

Lo scopo di questo Centro è di offrire ospitalità a tutta una serie di laboratori e gruppi di ricerca, che il Comitato è venuto man mano creando presso vari Istituti dell'Università di Roma o presso altri Enti. Così vi troveranno sede: il C.E.L.E. (Centro Coordinamento Laboratori Elettronica), il Laboratorio Gas Ionizzati e il Laboratorio di Analisi Fisiche della Divisione Geomineraria, attualmente ospitati presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Roma; il Laboratorio di Spettrometria di Massa ed il Laboratorio di Analisi Chimiche della Divisione Geomineraria, ora ospiti dell'Istituto di Chimica; il Centro di Studi per la preparazione dei minerali; la Divisione Sviluppo Reattori del Comitato; il Reattore TRIGA Mark II destinato a ricerche e ad addestramento per la Scuola di Perfezionamento di Roma; parte dei Laboratori biologici ed il campo gamma per ricerche in agricoltura. Qui troveranno posto gradualmente le altre attività che dovessero man mano venire sviluppate dal Comitato a Roma.

La scelta del terreno per questo Centro, cui si accenna appena nel corso del citato « Libro bianco », è avvenuta immediatamente dopo la Conferenza di Ginevra e costituisce pertanto un elemento nuovo.

* * *

Ritengo che un certo interesse possa rivestire la ripartizione di massima dei 50 miliardi prevista dal piano quinquennale, come risulta dalla seguente Tabella I. Sono inoltre lieto di poter dare la notizia che le Autorità governative — ed in particolare il Ministro dell'Industria, Sen. GIORGIO BO — hanno preso in seria considerazione la possibilità di incrementare tale stanziamento fin quasi al doppio.

TABELLA I.

	miliardi	percentuale
A) Preparazione del personale. . .	3,5	7%
B) Ricerca fondamentale:		
1) I.N.F.N. - C.E.R.N.	10	25%
2) Frascati.	2,5	
C) Ricerche geominerarie.	4,5	9%
D) Ricerche applicate:		
1) Centro di Ispra	15	37%
2) Ricerche avanzate	1,5	
3) Ricerche per contratto . . .	1,2	
4) C.E.L.E.	0,8	
E) Ricerche radiobiologiche. . . .	3	6%
F) Enti Internazionali	3	6%
G) Funzionamento C.N.R.N. . . .	5	10%
	50	100%

Questo per quanto riguarda il programma del Comitato. Accanto a questo esistono altresì dei piani concreti nel campo della ricerca applicata da parte della So.R.I.N., del Politecnico di Milano, dell'Università di Palermo, del C.A.M.E.N. unitamente all'Università di Pisa, dell'A.G.I.P. Nucleare, del C.I.S.E. e dell'Università di Cagliari, sui quali non mi sento autorizzato a riferire, ma che saranno comunque, almeno nella maggior parte dei casi, coordinati con i programmi di ricerca del C.N.R.N.

Dei progetti menzionati, soltanto quello dell'Istituto di Chimica dell'Università di Cagliari è relativo ad un apparecchio subcritico, già in funzione dal luglio scorso, mentre gli altri si riferiscono a reattori di ricerca e addestramento, di potenza più o meno elevata.

La situazione completa di questo programma, per quanto concerne i reattori, è contenuta nella seguente Tabella II, in cui sono elencati i vari reattori di ricerca in progetto, con le rispettive caratteristiche e i rispettivi fabbisogni di combustibile nucleare.

TABELLA II. — *Reattori di ricerca italiani.*

Esercente	Ubicazione	Tipo del reattore	Fornitore	Carica di U (kg)	Arricchimento in ^{235}U (%)	Carica di ^{235}U (kg)	Trasferimento al fabbricante	Trasferimento al C.N.R.N.
C.N.R.N.	Ispra	CP-5	A.C.F.	17,272	19,85	3,428	Dic. 1957	15 Nov. 1958
So.R.I.N.	Saluggia	Swimming Pool	A.M.F.	33,179	19,85	6,586	Giu. 1958	Dic. 1958
Politecnico di Milano	Milano	L-54	Atomics Internat.	7,500	20	1,500	Ott. 1958	Mar. 1959
C.N.R.N.	Roma	TRIGA Mark II	Aerojet Nucleonics	12,620	20	2,520	Gen. 1959	Apr. 1959
Università di Palermo	Palermo	AGN 201 P	Atomic General	3,322	19,76	0,656	Gen. 1959	Gen. 1959
A.G.I.P. Nucleare	S. Donato	Argonaut	A.G.I.P. Nucleare	—	—	6 ÷ 8	Gen. 1959	Mag. 1959
Accademia Navale	Livorno	Swimming Pool	—	—	—	—	—	—

Con l'entrata in funzione di questi impianti si avrà quindi a disposizione una discreta attrezzatura, in quanto le caratteristiche dei vari reattori sono

tali da consentire tutta una gamma di sperimentazioni. Così, mentre il reattore di Ispra sarà particolarmente indicato per ricerche tecnologiche su materiali — trattandosi di un reattore a flusso sufficientemente elevato (10^{14} n/cm² s), con un gran numero di canali sperimentali per esperienze di vario genere e per produzione di isotopi radioattivi — i reattori della So.R.I.N. e del C.A.M.E.N., entrambi di tipo swimming pool, di cui il primo entrerà in funzione nei prossimi mesi, pur avendo caratteristiche di flusso meno indicate per una eventuale utilizzazione come « prova materiali », potranno essere usati per varie esperienze nel campo della fisica nucleare applicata, dell'ingegneria, ecc., mentre ancora ad altre ricerche saranno destinati il reattore AGN-201-P dell'Università di Palermo, l'Argonaut dell'A.G.I.P. Nucleare, ed il reattore TRIGA del Centro di Roma del Comitato. In un particolare quest'ultimo è indicato per produzione di piccole quantità di radioisotopi da utilizzare per ricerche di vario genere, sia nel campo della Fisica e Chimica, che in Biologia e nella medicina.

* * *

Accanto a questo programma che, nella sua articolazione attuale permette di guardare con fiducia nell'avvenire — sempre che questa fiducia possa essere sorretta da una equivalente fiducia da parte delle Autorità governative — è giocoforza riconoscere che nel campo industriale manca ancora, pur nella varietà delle iniziative fin qui annunciate, un programma sufficientemente coerente ed organico.

Le iniziative industriali, su cui in appresso mi soffermerò alcun poco, non sono state sostenute e coordinate da una precisa direttiva governativa. Tutti voi sapete che ciò è almeno in parte dovuto alla mancanza di un organismo unico coordinatore e munito dei necessari poteri per effettuare tale coordinazione, ed alla carenza legislativa. Su questo argomento, come tutti voi sapete, sono state dette e scritte molte cose, talora con intendimento polemico a favore di questa o quella soluzione; e colui che vi parla non può certamente affermare di essere stato fuori da queste polemiche, perchè pur troppo appartiene a quella categoria di persone che non fanno e non vogliono nascondere il proprio pensiero, nè intende rinunciare ad avere una ben precisa opinione. Ma fuori da ogni atteggiamento polemico, che non vorrei tenere in questa sede, non è chi non veda riflessa in questa carenza l'incertezza della politica energetica, che è stata una delle precipue caratteristiche del nostro Governo e del nostro Parlamento nella passata legislatura. L'urto degli interessi tra i gruppi elettrici privati ed i gruppi statali, la polemica di fondo non mai sopita tra statalisti e privatisti, anche se limitata al solo settore di un servizio pubblico fondamentale, quello dell'energia, le manovre più o meno coperte dei vari gruppi interessati, han fatto sì che i numerosi progetti di « leggi nucleari » presentati per iniziativa governativa o per iniziativa parlamentare, al Senato o alla Camera, nella passata legislatura, cadessero nel

nulla. E dobbiamo solo ad una estrema resipiscenza l'approvazione, negli ultimi giorni di vita della passata legislatura, di quel provvedimento-stralcio che, assegnando al Comitato l'indispensabile finanziamento per l'anno finanziario 1957-58 e per quello in corso, ha permesso di non fermare del tutto le iniziative del C.N.R.N. nel settore della ricerca.

Il risultato delle elezioni del 25 maggio, ed il Governo uscito da quella consultazione elettorale, debbono lasciare bene sperare per un rapido approntamento e per una sollecita approvazione di un disegno di legge nucleare, la quale stabilisca finalmente quali compiti lo Stato intende riservare a sè o ai suoi organi, e a quali invece intende far partecipare anche la privata iniziativa. Per attenermi a quanto detto testè sul desiderio di non voler sollevare ancora polemiche, desidero affermare che quale che sia la soluzione che il Governo e il Parlamento intenderanno scegliere, essa sarà sempre migliore della presente situazione di incertezza, mentre d'altro canto le dichiarazioni programmatiche lette dal Presidente del Consiglio alla Camera ed al Senato, all'atto della sua investitura, lasciano adito alla speranza che la soluzione che verrà adottata sarà bensì una soluzione « mista » — come mista è la nostra economia e la produzione di energia in Italia — ma sarà pur sempre una soluzione per la quale sarà possibile allo Stato esercitare i suoi poteri e, direi, i suoi doveri di iniziativa, di coordinazione e di controllo nel vitale settore delle fonti energetiche.

Dal 1922 ad oggi, i fabbisogni di energia elettrica in Italia mostrano un incremento medio annuale leggermente inferiore al 7%, con alcune cifre vicine al 9% durante il periodo 1950-55. Con la ragionevole ipotesi di un incremento del 7% per i prossimi anni, la richiesta di energia elettrica in Italia dovrebbe quasi raddoppiare ogni dieci anni. Sulla base di questa ipotesi è possibile prevedere che nel 1965 l'Italia avrà bisogno di 76 miliardi di kWh per raggiungere forse i 152 miliardi di kWh nel 1975.

Poichè le risorse geo e idroelettriche nazionali, ancora economicamente sfruttabili, sono quasi esaurite, le rimanenti richieste dovranno essere soddisfatte mediante energia termo-elettrica e termo-elettrico-nucleare. D'altra parte, è possibile che durante il periodo 1960-65 la produzione termo-elettrica convenzionale possa raggiungere un nuovo livello, limitato dalle possibilità tecniche e dai costi dei combustibili convenzionali importati. Dopo tale periodo pertanto, i fabbisogni del Paese dovrebbero essere soddisfatti da centrali elettro-nucleari.

Le industrie italiane — seppure non coordinatamente tra loro — hanno seguito da vicino gli sforzi effettuati per ottenere i finanziamenti per le ricerche. Grande interesse è stato mostrato dai gruppi produttori di energia elettrica, dai gruppi fornitori di equipaggiamenti e servizi e particolarmente, in modo significativo, dai gruppi industriali appartenenti a società con partecipazione statale, quali l'I.R.I. e l'E.N.I.

Ed a questo riguardo, merita particolare attenzione lo studio, intrapreso congiuntamente dalla Banca Internazionale per la Ricostruzione e lo Sviluppo e dal Governo Italiano (rappresentato dal C.N.R.N.), per la progettazione di una centrale elettro-nucleare da 150 MW elettrici da costruirsi nell'Italia meridionale, al cui finanziamento la Banca è pronta a partecipare. Questo progetto, ben noto sotto il nome di « Progetto E.N.S.I. » (E.N.S.I. significa: Energia Nucleare Sud Italia), è già servito da modello ad altre iniziative del genere in altri Paesi, è stato elogiato per la serietà e l'imparzialità di giudizio sulle offerte presentate da nove ditte (americane, inglesi e francesi) e le sue conclusioni, presentate alla II Conferenza sugli Usi Pacifici dell'Energia Atomica a Ginevra, hanno sollevato generale interesse. Questo studio — come disse tempo fa il Presidente della Banca Mondiale, Mr. EUGENE BLACK — aprirà la strada ai progetti futuri per la costruzione di centrali nucleari.

Le conclusioni del Progetto E.N.S.I. possono essere riassunte come segue:

a) in un'area priva di risorse energetiche convenzionali, come l'Italia meridionale, i costi dell'energia elettrica nucleare sono già molto vicini, fino ad essere competitivi, con i costi dell'energia elettrica prodotta con combustibile fossile di importazione;

b) sulla base delle offerte E.N.S.I., i costi dell'energia prodotta con reattori ad uranio arricchito ed i costi dell'energia prodotta con reattori ad uranio naturale sono paragonabili; la variazione tra i costi dell'energia elettrica nucleare fra le varie centrali, di alto e basso costo di ciascun tipo, sembra essere lo stesso.

Da ciò discende che la scelta dell'uno o dell'altro tipo di centrale è basata soltanto sui termini specifici delle offerte, sulle caratteristiche locali e sulle condizioni locali particolari. La Società Elettronucleare Nazionale (S.E.N.N.), che costruirà la centrale, ha scelto il progetto di un reattore ad acqua bollente della General Electric, ma si può dire che in condizioni leggermente diverse, avrebbe potuto prevalere un'altra scelta. Dobbiamo infatti tener presente, a questo proposito, che un'altra grande centrale nucleare è in costruzione, nell'area in cui la centrale della S.E.N.N. verrà collocata, e cioè quella ad uranio naturale, che l'A.G.I.P. Nucleare e la N.P.P.C. vanno erigendo presso Latina, per conto della S.I.M.E.A.

Con questi due progetti l'Italia ha intrapreso due grandi esperimenti nel campo della produzione elettronucleare sotto gli auspici di due società a prevalente partecipazione statale: l'installazione da parte della General Electric del reattore ad acqua bollente per la S.E.N.N. (Gruppo I.R.I.) per una centrale da 150 MW elettrici alla foce del fiume Garigliano; l'installazione su disegno inglese (N.P.P.C.) di un reattore ad uranio naturale per l'A.G.I.P. Nucleare (Gruppo E.N.I.) per una centrale da 200 MW elettrici vicino a Latina.

Accanto a questi due progetti, realizzati con contributi di prevalente pro-

venienza governativa, dovremmo menzionare i piani per un terzo progetto: la centrale elettronucleare da 134 MW elettrici con reattore ad acqua pressurizzata della Westinghouse, che la Società Elettronucleare Italiana (S.El.N.I.) — prevalentemente controllata dalla Società Edison — intende costruire in una località dell'Italia settentrionale non ancora definitivamente scelta.

* * *

Da quanto ho sopra accennato, il così detto programma di potenza in Italia non può essere considerato troppo ambizioso, perchè, specialmente sulla base dei risultati del Progetto E.N.S.I., è da ritenersi che gran parte, se non il totale, dell'incremento del fabbisogno energetico può essere soddisfatto nei prossimi anni dall'energia nucleare. Questo è il motivo per il quale il nostro Governo si è fortemente opposto ad ogni discriminazione nel campo delle tariffe doganali per l'importazione di reattori. Infatti, particolarmente nel campo nucleare, sarebbe stato estremamente dannoso per l'economia dell'Italia e dell'Euratom, creare una zona di libero scambio nucleare che associasse strettamente un particolare paese industriale — ad esempio la Gran Bretagna — con i sei Paesi della cosiddetta Piccola Europa, a discapito degli Stati Uniti.

È inoltre necessario tener presente che le industrie straniere, che desiderano cooperare allo sviluppo dell'industria nucleare in Italia, debbono considerare indispensabile una stretta collaborazione coi fabbricanti italiani, affinché solo alcune parti delle centrali debbano essere importate in Italia, mentre il maggior numero dei componenti possano sempre più essere costruite qui. In caso contrario si verrebbe a creare una situazione insostenibile per la nostra bilancia dei pagamenti.

* * *

Nel campo delle applicazioni industriali dell'energia nucleare, la II Conferenza di Ginevra ha dimostrato senza equivoci che da un canto non può attendersi a breve scadenza, e forse neanche a scadenza di qualche decennio, un'applicazione industriale per produzione di energia, a prezzi convenienti, e con un bilancio energetico in attivo, dalle ricerche sulla fusione nucleare, mentre invece viene sempre più concretamente a delinearsi che non solo per Paesi ad alti costi dell'energia elettrica, quale l'Italia, la produzione di energia da centrali nucleari a fissione è tecnicamente possibile ed economicamente conveniente. Non solo, ma è prevedibile che i costi di produzione — ancora notevolmente sostenuti, in dipendenza di problemi connessi con i combustibili nucleari ed i loro cicli — possano rapidamente decrescere col progredire degli studi in questi settori. D'altra parte, i dati forniti nelle discussioni sulle materie prime fanno ritenere, almeno per il mondo occidentale, che si potrà fare ricorso all'uranio ed al torio ancora per molti secoli, perchè le disponibilità sono notevolissime e le ricerche, sviluppate in tutte le parti del mondo, sono sempre più confortanti.

Da queste conclusioni è facile arguire quali saranno gli orientamenti che dovranno scaturire per i nostri programmi di ricerca e di potenza già sopra delineati. Nel settore della ricerca, concentrare gli sforzi dei fisici nel dominio di loro propria competenza, quello della fusione, per guardare al futuro ed al di là di ogni prevedibile sviluppo, mentre gli ingegneri ed i chimici dovranno approfondire le loro ricerche ed i loro studi segnatamente nel settore della fabbricazione dei combustibili, del reprocessing, dei cicli di combustibili e della costruzione e gestione degli impianti. Per la nostra industria il monito della II Conferenza di Ginevra è chiaro: accantonate le speranze illusorie di vedere superate le centrali a fissione entro pochi anni, resta il problema di sviluppare la costruzione di tali centrali già, come sopra accennato, economicamente e tecnicamente convenienti. E cade acconcio a questo punto rilevare come sia stata fallace la violenta polemica accesa un paio di anni fa, tra i sostenitori del sistema ad uranio arricchito ed i sostenitori del sistema ad uranio naturale, schierandosi coi primi i sostenitori dell'iniziativa privata, e coi secondi i sostenitori dell'iniziativa statale. Non solamente i risultati del Progetto E.N.S.I., ma tutti i risultati industriali presentati a Ginevra, dimostrano che i due tipi sono tra loro paragonabili, per i costi di produzione e per le difficoltà ed i problemi tecnologici che presentano; ma che nel futuro si affermeranno probabilmente altri tipi di reattori, che partecipino delle caratteristiche dell'uno o dell'altro sistema e che aprano di conseguenza la strada all'utilizzazione industriale dei reattori a plutonio, allorchè saranno state risolte le difficoltà, che si intravedono ancora notevoli, per l'utilizzazione pratica di questo elemento.

In problemi nuovi e di così vasto respiro, occorre avvicinarsi alla soluzione con la mente libera da ogni preconceito aprioristico, tenendo per fermo che un Paese come il nostro deve accogliere, valutare e verificare tutte le idee e tutte le soluzioni, perchè ci sovrasta lo spettro della carenza di energia, senza la quale non è pensabile oggi alcun progresso sociale e civile.

* * *

Quest'ultimo accenno mi induce a richiamare la vostra attenzione sui problemi politici, connessi all'impiego pacifico dell'energia nucleare e segnatamente sulla collaborazione internazionale in questo settore.

Dai dati che ho a monte brevemente richiamati risulta ben chiara la necessità che il nostro Paese ha di ricorrere all'energia elettrica di origine nucleare, per colmare il deficit, ogni di crescente, dei suoi fabbisogni energetici. La collaborazione internazionale, instauratasi in questi ultimi anni nel campo nucleare, permette all'Italia di affrontare questi problemi complessi non da sola, ma inserendosi in un più ampio circolo di solidarietà. È a tutti noto difatti che il famoso rapporto dei « Tre Saggi », posto alla base dell'attività dell'Euratom, come primo obiettivo programmatico della Comunità, indica come prima tappa

da conseguire, entro il 1967, l'installazione nei sei Paesi della Piccola Europa di impianti elettronucleari per 15 milioni di kW. Obiettivo, che è sembrato a taluni ambizioso, e che invece più serie e ponderate meditazioni sottolineano come indispensabile mentre i risultati della II Conferenza di Ginevra indicano come raggiungibile.

Tale conclusione d'altro canto è stata di recente autorevolmente ribadita da un rapporto presentato il 16 ottobre scorso al Comitato d'azione per gli Stati Uniti d'Europa, presieduto da quell'impareggiabile assertore ed animatore dell'unità europea che è JEAN MONNET. In tale rapporto viene dimostrato che l'economia europea è strettamente dipendente dalle importazioni; di conseguenza la Comunità Europea dovrebbe sviluppare la sua politica commerciale delle fonti energetiche in modo da evitare da una parte una eccessiva tendenza all'autarchia, dall'altra una troppo stretta dipendenza da un solo fornitore, ad evitare crisi come quella recente, conseguente agli avvenimenti del Medio Oriente. Di qui l'appello all'Euratom di porre subito in atto il programma dei « Tre Saggi »; di qui l'opportunità di quell'accordo di collaborazione tra l'Euratom e gli Stati Uniti d'America, testè solennemente firmato a Bruxelles.

Ma occorre qui dire subito chiaramente che non bastano le firme degli accordi e i rapporti, che non sono sufficienti la buona volontà degli uomini che presiedono alle sorti dell'Euratom e la competenza tecnica dei dirigenti della Comunità, se i sei Governi che hanno firmato i trattati di Roma, i sei Parlamenti che li hanno ratificati, gli ambienti qualificati che li hanno tenacemente voluti e l'opinione pubblica che li ha accettati, non danno oggi alla Comunità atomica europea, che muove con tanta difficoltà i suoi primi passi, tutto l'incondizionato appoggio e la piena collaborazione, che l'obiettivo da perseguire merita.

Occorre che le diffidenze, qua e là serpeggianti in talune burocrazie e in taluni ambienti, spariscano; occorre che tutti accettino di buon grado, e ricerchino, quella direzione comune, che è necessaria, coordinando gli sforzi e le ricerche; occorre infine che quelle piccole « fette » di sovranità che ciascun Paese ha ceduto alle Comunità europee — e naturalmente associò qui l'Euratom al MEC e alla CEEA — non siano poi quotidianamente discusse e rivendicate da quegli stessi Governi — e talora da quegli stessi uomini — che a suo tempo le concessero.

Perchè le tre Comunità europee non sono sufficienti da sole a garantire quell'effettiva unità dell'Europa, che è l'ultima speranza di sopravvivenza autonoma del nostro continente, ma devono essere considerate soltanto come tappe parziali verso quella mèta finale, che occorre sia perseguita con volontà e con sincerità.

Sunti delle comunicazioni
presentate al XLIV Congresso della Società

E. ABATE ed E. FABRI (Pisa). — Impiego di una calcolatrice elettronica nella ricerca delle autofunzioni del momento angolare orbitale in accoppiamento di Russel-Saunders.

Si riferisce sull'utilizzazione della calcolatrice elettronica attualmente in funzione presso l'Università di Pisa per la costruzione di tabelle di funzioni d'onda atomiche ottenute come combinazioni di orbitali atomici antisimmetrizzati. Il metodo usato è sostanzialmente quello degli operatori di proiezione, proposto da FIESCHI e LOWDIN (*), che consiste nell'applicazione successiva di operatori di proiezione che cancellano le componenti indesiderate della funzione d'onda iniziale. L'interesse di questo studio consisteva, oltre che nei risultati effettivi del calcolo, nel carattere particolare del problema. Al contrario di quanto accade nella maggior parte delle applicazioni di calcolatrici elettroniche, non si presentano qui calcoli numerici complicati, ma solo operazioni aritmetiche elementari. La difficoltà e l'interesse del calcolo derivano invece da due fattori: 1) la struttura logica notevolmente complessa (e che ha dovuto essere ulteriormente complicata data l'esigenza di risparmiare spazio di memoria); 2) la necessità di ottenere risultati rigorosamente esatti nonostante che nel calcolo figurino numeri irrazionali (la difficoltà si risolve osservando che tutti gli irrazionali che compaiono sono irrazionali quadratici; basta perciò lavorare sui loro quadrati per avere sempre numeri razionali). A causa delle limitazioni della macchina utilizzata è stata studiata solo la costruzione di autofunzioni del momento angolare orbitale nello schema di Russell-Saunders a partire da orbitali relativi ad elettroni equivalenti. Nonostante queste semplificazioni, non è stato possibile calcolare tutte le autofunzioni interessanti, essenzialmente per due ragioni: 1) la scarsità di memoria a disposizione impedisce lo studio dei casi nei quali intervengono un gran numero di orbitali atomici; 2) l'impossibilità di rappresentare nella macchina, senza eccessive complicazioni, numeri maggiori in modulo di $2^{17} = 131\,072$ crea serie difficoltà nei casi più complicati (che sono naturalmente i più interessanti) a causa dei coefficienti elevati che si presentano nei passaggi intermedi. Rimane come risultato concreto di questa prova la verifica delle tabelle fornite da FIESCHI e LOWDIN; si può inoltre considerare provato che anche per problemi di questa

(*) R. FIESCHI e P. O. LOWDIN: *Atomic state wave function generated by projection operators*. Pubblicazione della Sezione di Milano dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

particolare natura l'impiego di una calcolatrice elettronica può portare ad un notevole risparmio di tempo e ad una maggiore sicurezza da errori. Le ricerche qui esposte verranno continuate nel senso di programmare il calcolo per la CEUP, e di estendere il programma ai casi più generali finora non considerati.

A. AGODI (Catania). — Sulla teoria delle reazioni fotonucleari dirette.

La struttura del contributo da processi diretti all'ampiezza di probabilità per reazioni fotonucleari è stata studiata in termini di un formalismo proposta da C. BLOCH (*Nucl. Phys.*, **4**, 503 (1957)). Si è mostrato che l'elemento di matrice di transizione, relativo alle dette reazioni può essere scritto come somma di due termini: di questi, uno dà contributo essenziale quando l'energia del fotone è prossima a quella della risonanza gigante, l'altro descrive processi di superficie, ad energie del nucleone emesso, abbastanza elevate e per energia dei fotoni ben distinta da quella della risonanza gigante. Il significato fisico dei due termini viene discusso e viene suggerito un metodo per calcolare i rispettivi contributi alla sezione d'urto e allo spettro d'energia dei neutroni fotoemessi.

A. AGODI, E. EBERLE e L. SERTORIO (Catania). — Una possibile spiegazione di alcuni spettri di energia di fotoneutroni.

Alcuni recenti risultati sperimentali sugli spettri d'energia dei fotoneutroni da ^{40}Ca e da ^{103}Rh , hanno mostrato alcune caratteristiche alquanto sorprendenti dal punto di vista della teoria di Wilkinson. Risulta che anche la versione modificata di tale teoria proposta recentemente da uno di noi (A. AGODI: *Nuovo Cimento*, **8**, 516 (1958)) sebbene non in disaccordo con tali caratteristiche, non è sufficiente a spiegarle completamente, per la presenza dei grossi gruppi di fotoneutroni emessi con energia maggiore di 7 MeV da ^{40}Ca , e con energia compresa tra 4 e 7 MeV da ^{103}Rh . È stato rilevato che i calcoli alla Wilkinson non includono contributi al fotoeffetto nucleare diretto da processi di superficie. Tali contributi sono stati calcolati con metodo simile a quello comunemente applicato nella teoria di Butler delle reazioni dirette di superficie. Sono stati calcolati gli spettri di energia dei neutroni fotoemessi a 90° da ^{40}Ca , ^{52}Cr , ^{103}Rh includendo i contributi alla Wilkinson e quelli di superficie, e assumendo un modello a shell con accoppiamento $j-j$ per lo stato fondamentale dei nuclei, e lo spettro di bremsstrahlung da elettroni con energia massima di 30 MeV per i fotoni incidenti. Si trova un ragionevole accordo con i dati sperimentali.

W. ALLES, N. N. BISWAS, M. CECCARELLI, R. GESSAROLI and G. QUARENI (Bologna), M. GÖING, K. GOTTSTEIN, W. PÜSCHEL and J. TIETGE (München), G. T. ZORN (Upton, N. Y.), J. CRUSSARD and J. HENNESSY (Paris), G. DASCOLA e S. MORA (Parma). — Interazione di mesoni K^- con protoni.

Con la tecnica delle lastre nucleari sono stati individuati numerosi eventi di diffusione elastica e di assorbimento di mesoni K^- di energia minore di 90 MeV da parte di protoni liberi. Di tali eventi vengono riportate distribuzioni angolari nel centro di massa e valori delle sezioni d'urto in funzione dell'energia. I risultati sono stati nel frattempo pubblicati in: *Nuovo Cimento*: **11**, 771 (1959).

W. ALLES, N. N. BISWAS, M. CECCARELLI, R. GESSAROLI e G. QUARENI (*Bologna*), M. GÖING, K. GOTTSTEIN, W. PÜSCHEL e J. TIETGE (*München*), G. T. ZORN (*Upton, N. Y.*), J. CRUSSARD e J. HENNESSY (*Paris*), G. DASCOLA e S. MORA (*Parma*). — **Proprietà delle particelle Σ .**

Sono state studiate particelle Σ cariche dei due segni prodotte nella cattura dei mesoni K^- in emulsione nucleare. In particolare vengono presentati dati sull'interazione nucleare di queste particelle, sulla loro vita media, e distribuzioni angolari dei loro prodotti di decadimento rispetto a possibili assi di polarizzazione (*Nuovo Cimento* **10**, 175 (1958)). I dati non confermano l'esistenza dei mesoni Σ^\pm di vita media nettamente inferiore a 10^{-10} s, indicata da altri Autori. Altri dati, di interesse statistico, sono in corso di pubblicazione sul *Nuovo Cimento*.

E. AMALDI, G. BARONI, G. BELLETTINI, C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI e A. MANFREDINI (*Roma*). — **Sezione d'urto totale di antiprotoni fra 0 e 240 MeV in emulsione.**

Vengono presentati i primi risultati di una analisi di 600 antiprotoni prodotti dal Bevatrone di Berkeley ed osservati in emulsioni nucleari. Si ha un flusso medio di particelle di fondo uguale a $9 \cdot 10^4$ particelle/cm² ed un rapporto \bar{p} /fondo uguale a $1/8 \cdot 10^3$. Il fondo è costituito da un 68% di mesoni μ , 30% di mesoni π e 2% di elettroni. Vengono qui presentati e discussi i risultati relativi alla sezione d'urto totale e per annichilamento in funzione dell'energia, nell'intervallo fra 0 e 240 MeV.

E. AMALDI, G. BARONI, G. BELLETTINI, C. CASTAGNOLI e A. MANFREDINI (*Roma*). — **Risultati sperimentali su scattering e annichilazione antiprotone-protone.**

Su un totale di 600 antiprotoni abbiamo trovato tredici urti elastici \bar{p} -H. I criteri di riconoscimento di questi eventi sono: a) Le tracce sono coplanari entro gli errori. b) L'angolo tra il protone e l'antiprotone dopo l'urto è entro gli errori uguale a $90^\circ - \delta$, ove δ rappresenta la correzione relativistica. c) Il valore dell'energia dell'antiprotone al momento dell'urto è lo stesso qualunque sia il metodo seguito per determinarlo a partire dalle misure del range residuo dell'antiprotone al momento dell'urto, degli angoli rispetto all'antiprotone incidente del protone e dell'antiprotone dopo l'urto, del range del protone e, nei casi in cui ciò è possibile, del range dell'antiprotone. Per il confronto con la distribuzione teorica dell'angolo di riflessione nel S. C. M. degli urti \bar{p} -H, abbiamo sommato i nostri tredici eventi agli altri sedici trovati finora in emulsione nucleare in altri laboratori. La distribuzione teorica è quella calcolata da FULCO facendo uso della teoria di CHEW e BALL per la interazione nucleone-antinucleone ad energia intermedia. La forma di tale distribuzione è praticamente indipendente dalla energia nell'intervallo (100÷260) MeV che a noi interessa. Anche il valore della sezione d'urto per scattering elastico ricavabile dai nostri dati è in buon accordo con il valore 68 mb calcolato da Ball e Fulco, mentre risulta più grande di quella ottenuta in camere a bolle (con una equivalente statistica di 33 eventi). Abbiamo cercato anche di valutare la sezione d'urto per annichilazione dell'antiprotone in volo con H.

E. AMALDI, G. BARONI, C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI e A. MANFREDINI
(Roma). — **Annichilazione di \bar{p} senza evaporazione.**

Vengono studiati e discussi 60 casi di annichilazione di antiprotoni fermi che non danno luogo ad evaporazione. Si ricava una valutazione del raggio di annichilazione che viene confrontato con quello teorico ricavato da Fulco. Vengono anche discussi 22 casi di annichilazione con un solo ramo nero che non sembra potersi attribuire solo ad un processo evaporativo.

E. AMALDI, G. BARONI, C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI e A. MANFREDINI
(Roma). — **Scattering di antiprotoni e protoni contro nuclei complessi.**

Lo scattering di antiprotoni su nuclei dell'emulsione nucleare è stato studiato misurando i piccoli angoli nell'intervallo di energia ($50 \div 260$) MeV. Sulla lunghezza complessiva di traccia misurata di 15 metri sono stati trovati 187 scattering aventi un angolo in proiezione $\alpha \geq 1.5^\circ$. Per confrontare la sezione d'urto e la distribuzione angolare dello scattering elastico degli antiprotoni con quello dei protoni abbiamo effettuato una misura analoga su protoni di intervallo di energia ($120 \div 130$) MeV che corrisponde circa al valore medio dell'energia dei nostri antiprotoni. Su una lunghezza complessiva di traccia di 25.2 metri abbiamo trovato 206 scattering con angolo proiettato $\alpha \geq 1.5^\circ$. Le distribuzioni angolari così ottenute sono state confrontate con le curve calcolate da Glassgold con il modello ottico, assumendo un nucleo a contorno sfumato con potenziale reale $V = -15$ MeV sia per il protone che per l'antiprotone ad un potenziale immaginario $W = -50$ MeV per l'antiprotone e $W = -12.5$ MeV per il protone. Il rapporto della sezione d'urto per scattering elastico degli antiprotoni e dei protoni è in buon accordo con quello calcolato da Glassgold. Vengono anche esposti i risultati relativi ad una indagine preliminare sopra possibili effetti di polarizzazione di p in emulsione.

U. AMALDI jr. (Roma), M. BERNARDINI, P. BROVETTO e S. FERRONI (Torino). —
Misura della polarizzazione della bremsstrahlung esterna del ^{204}Tl .

In relazione alle conseguenze della non conservazione della parità abbiamo misurato la polarizzazione della bremsstrahlung prodotta contro nuclei di Pb dagli elettroni di energia prossima a $E_{\max} = 760$ keV emessi dal ^{204}Tl (emettitore β puro; transazione proibita unica $\Delta J = 2$, si). L'apparato, a simmetria cilindrica, è di tipo convenzionale in quanto sfrutta la dipendenza della sezione d'urto Compton dalla orientazione degli spin del γ e dell'elettrone urtato; gli elettroni sono polarizzati da un campo magnetico che porta alla saturazione il ferro in cui essi sono contenuti. Si è posta particolare cura nella definizione degli angoli solidi e del tratto di ferro che contribuisce alla diffusione. L'effetto dell'inversione del campo sul fototubo è stato sia determinato mediante misure dirette del campo stesso che calcolato statisticamente a partire da conteggi alterni a campo invertito degli impulsi dovuti a una sorgente γ non polarizzata; l'effetto è, entro gli errori, nullo. Le misure effettuate con il Tl hanno dato come risultato un effetto, definito al solito come $2(N^+ - N^-)/(N^+ + N^-)$, che vale $(2.45 \pm 0.25)\%$ contro un effetto

calcolato, nell'ipotesi di polarizzazione $\sim v/c$ per gli elettroni, del 2.55%. Per il calcolo di tale effetto è stata accuratamente misurata l'efficienza del cristallo rivelatore per raggi γ che nel cristallo stesso percorrono cammini diversi. La statistica della misura verrà ulteriormente migliorata.

B. ARCIPIANI, G. BARSANTI, L. MUSUMECI e N. TALINI (Livorno). — Un separatore di masse a focalizzazione magnetica del 2° ordine.

Si descrivono le principali caratteristiche di un separatore di masse impiegato per la produzione di isotopi stabili ad uso di laboratorio. Lo strumento, costruito in base al precedente studio teorico di uno degli autori ^(1,2), è del tipo a settore magnetico di 90°, raggio di curvatura delle traiettorie 40 cm, focalizzazione del 2° ordine. La stabilità del campo magnetico è controllata con flussometro a risonanza nucleare. Si descrivono inoltre, brevemente, le caratteristiche di una sorgente di ioni, attualmente impiegata per la produzione di ioni litio.

⁽¹⁾ L. MUSUMECI: *Nuovo Cimento*, **7**, 351 (1950).

⁽²⁾ L. MUSUMECI: *Nuovo Cimento*, **9**, 429 (1952).

L. ARGIERO e A. RINDI (Livorno). — Sulla determinazione assoluta del röntgen.

Dopo una analisi dei possibili metodi di misura, è stato fatto uno studio teorico riguardo ad una misura assoluta con ^{60}Co mediante una camera di ionizzazione in aria libera a elettrodi piani paralleli. È stata calcolata la perdita di ionizzazione degli elettroni Compton che vanno a ionizzare l'aria al di fuori del volume di raccolta della camera. Dalla misura della corrente generata dagli ioni raccolti nella camera si risale alla ionizzazione perduta e quindi all'intensità di dose assoluta nella camera.

A. ASCARI (Milano). — Sulla cinetica dei reattori nucleari eterogenei a moderatore liquido soggetti a grandi variazioni di reattività.

È noto che il reattore sperimentale americano SPERT I, costruito per eseguire un esteso programma di esperienze che illustrano le caratteristiche cinetiche dei reattori eterogenei ad acqua naturale, ha rivelato fin dalle prime sequenze di prova la possibilità di andare soggetto a notevoli oscillazioni divergenti. L'interpretazione teorica del comportamento cinetico di tale reattore è rimasta finora piuttosto insoddisfacente, a causa delle numerose grandezze che occorre accoppiare alle reattività, con conseguente complicazione quasi proibitiva della trattazione matematica. Solo molto recentemente è stata proposta una schematizzazione che sembra abbastanza realistica e suscettibile al tempo stesso di una trattazione relativamente agile; nessun risultato completo è stato però finora pubblicato. Questa comunicazione fornisce alcuni risultati preliminari di uno studio che è stato intrapreso dal modello succitato, con lo scopo di indicare se esso è qualitativamente compatibile con la varietà di regimi transitori ottenuti sperimentalmente nel reattore SPERT I, e in particolare con l'accennata instabilità. È specialmente discussa la possibilità che il meccanismo dell'espulsione (per evaporazione) del moderatore dal nocciolo e della sua successiva reimmissione sia la causa precipua della variazione intrinseca di reattività. I metodi di analisi sono prevalentemente topologici.

A. ASCOLI e E. GERMAGNOLI (Milano). — Un metodo semplice per la crescita di monocristalli metallici.

Si discutono le caratteristiche e le limitazioni dei più usati metodi per la crescita artificiale di campioni monocristallini dal fuso. Si descrivono un semplice metodo di crescita derivato da quello di Bridgman ed un piccolo impianto automatico per la fabbricazione di monocristalli di metalli a basso punto di fusione. L'impianto è in funzione da circa un anno e praticamente tutte le fusioni di piombo tentate hanno fornito un campione monocristallino. Sono in corso esperimenti per ottenere dalla stessa apparecchiatura monocristalli di stagno e zinco, mentre si sta collaudando un altro impianto fondato sullo stesso principio, adatto per metalli a punto di fusione intermedio (alluminio, argento, oro, rame). Infine si illustrano brevemente i metodi adottati per l'esame dei campioni.

M. ASDENTE. Vedi pag. 465.

M. ASDENTE (Milano) e J. FRIEDEL (Parigi). — Resistività introdotta da posti reticolari vuoti nei metalli.

Si è calcolata la extraresistività elettrica introdotta in un metallo da cavità sferiche presenti in una certa concentrazione per mezzo di un modello semplice: elettroni liberi diffusi da una barriera di potenziale sferica la cui altezza V_0 costante è scelta in modo da conservare la neutralità del sistema. Si analizzano le funzioni elettroniche al livello di Fermi E_M in componenti sferiche i cui sfasamenti $\eta_1(E_M)$ debbono soddisfare alla condizione di schermo $(2/\pi) \sum_i (2l+1) \eta_l(E_M) = Zp$ se si hanno Z vacanze atomiche nelle cavità e p elettroni di valenza per atomo nel metallo. Per trovare il potenziale V_0 che soddisfa a questa condizione lo si è fatto dapprima variare in vicinanza del valore $V_0 = E_M$ per il quale gli sfasamenti si esprimono con delle formule semplici. Un calcolo più esatto è stato in seguito fatto con una macchina IBM. L'extraresistività $\Delta \rho$ si esprime quindi semplicemente in funzione degli sfasamenti. Si cerca come vari $\Delta \rho/Z$ quando Z cresce e sino a quali dimensioni delle cavità sussista l'effetto tunnel, responsabile della assai debole extraresistività prodotta dalle vacanze isolate.

G. L. BACCHELLA, E. GERMAGNOLI e S. GRANATA (Milano). — Sulla cinetica dei difetti reticolari in platino.

Si studia la cinetica delle vacanze reticolari introdotte in fili di platino puro mediante un procedimento di tempra. Con misure di resistività si osserva che il comportamento dei campioni di platino durante il rinvenimento dipende in misura sensibile dalla concentrazione di vacanze presenti: la cinetica è nettamente del primo ordine quando le vacanze reticolari congelate a bassa temperatura sono in concentrazioni inferiori a 10^{-5} , mentre il comportamento durante il rinvenimento è più complicato con più elevate concentrazioni di vacanze reticolari, ossia dopo tempre da temperature vicine alla temperatura di fusione del platino. Una interpretazione di questi fenomeni è possibile se si suppone che l'energia di attivazione per migrazione di vacanze reticolari sia (1.48 ± 0.09) eV e che a temperature basse le vacanze reticolari siano in notevole percentuale associate a formare divacanze o difetti più complicati. Una grossolana

valutazione quantitativa fornisce per l'energia di legame delle divacanze un valore vicino a 0.6 eV e suggerisce che l'energia di migrazione delle divacanze deve essere sensibilmente inferiore a 1 eV. L'energia di attivazione per formazione di vacanze in platino è (1.20 ± 0.04) eV; da questo valore e dal valore prima riportato per l'energia di migrazione si può prevedere un'energia di attivazione per autodiffusione in platino pari a (2.68 ± 0.10) eV, in discreto accordo con il valore trovato direttamente da Kidson e Ross (2.96 eV).

F. BACHELET, P. BALATA, A. M. CONFORTO e G. MARINI (Roma). — L'intensità della componente nucleonica dei raggi cosmici durante il massimo 1957-58 dell'attività solare.

Sono stati analizzati i risultati delle misure di intensità della componente nucleonica dei Raggi Cosmici dal 1° Luglio 1957 al 31 Luglio 1958. Le misure sono state eseguite con continuità mediante un rivelatore di neutroni nella stazione Svirco presso l'Istituto di Fisica di Roma (60 m sul livello del mare). Le intensità giornaliere, corrette per effetti atmosferici, presentano un andamento fortemente perturbato, caratteristico del periodo di massimo del ciclo solare, con variazioni fino a un valore dell'11.5% fra un massimo e un minimo consecutivi (tra il 21 e il 30 Agosto 1957). Tali variazioni sono, a grandi linee e piuttosto bene anche nei dettagli, a carattere mondiale. Mancano in questo periodo effetti associati a grandi flares solari. Si sono osservate invece un numero insolitamente grande di Tempeste di Raggi Cosmici (rapida diminuzione iniziale del livello imperturbato seguita da lento recupero): in totale 22 eventi in 13 mesi. Di tali eventi, singolarmente analizzati sulle intensità biorarie, sono stati ricavati i parametri caratteristici. Tempi di discesa (da 2 ore a ~ 50 ore), durate (tra i 2 giorni e i 15.3 giorni), ampiezze (tra 1.2% e 7% a Roma), rapidità di discesa iniziale (fino a un massimo di 4% in ~ 2 ore). L'analisi di questi fenomeni si compie nel quadro dell'ipotesi che si tratti di effetti di schermo di un flusso galattico di Raggi Cosmici, circa costante nel tempo, ad opera della attività solare. Parallelamente sono state prese in considerazione tutte le Tempeste Magnetiche che avvengono nello stesso periodo. Lo studio degli eventi magnetici è stato fatto analizzando i magnetogrammi dell'Istituto Nazionale di Geofisica (stazioni di Gibilmanna e dell'Aquila) in collaborazione col Dott. F. MOLINA. Dalla correlazione tra eventi geomagnetici ed eventi di Raggi Cosmici è risultato che l'inizio delle Tempeste di Raggi Cosmici è in generale coincidente (entro ~ 2 ore) con l'inizio di una Tempesta Magnetica (18 casi di coincidenza certa su 22). La corrispondenza inversa è invece molto meno stretta; l'unica definitiva indicazione sembra essere che, fra tutte le tempeste magnetiche, quelle a inizio brusco risultano meglio correlate con le tempeste di Raggi Cosmici. Inoltre non esiste proporzionalità alcuna né tra le ampiezze né tra le durate dei fenomeni magnetici e tempeste di Raggi Cosmici ad inizio contemporaneo. L'andamento dei Raggi Cosmici, in relazione alla attività solare, è stato confermato con i numeri di Wolf (R): non vi è corrispondenza tra i valori giornalieri, mentre l'intensità media mensile dei Raggi Cosmici mostra il caratteristico minimo tra il Settembre e il Novembre 1957, periodo di massimo per l'attività solare. Informazioni sullo spettro in energia delle variazioni dei Raggi Cosmici sono state ricavate dal confronto delle intensità a diverse latitudini e a varie altezze. Nei limiti degli errori sperimentali la dipendenza delle variazioni dall'energia ha lo stesso andamento in tutte le Tempeste di Raggi Cosmici osservate. La presenza di un sensibile effetto di latitudine conferma inoltre che le particelle di minor energia sono le più influenzate da questi fenomeni; lo stesso risultato si ottiene anche dal confronto tra la variazione

della componente nucleonica e quella delle componenti « dura » e totale dei raggi cosmici nello stesso evento. L'esame delle intensità biorarie dei Raggi Cosmici ha infine permesso di localizzare numerosi periodi in cui l'effetto diurno appare fortemente esaltato: tali periodi sono in generale accompagnati da perturbazioni nell'attività geomagnetica.

P. BALATA. Vedi pag. 436.

G. BALDINI, M. BELTRAMI, R. FIESCHI e F. POTENZA (*Milano*). — **Spettri di assorbimento di monocristalli di alogenuri alcalini contenenti impurità.**

L'influenza delle impurità metalliche sullo spettro di assorbimento di alogenuri alcalini fino ad ora è stata studiata esclusivamente su cristalli accresciuti dal materiale fuso contenente disciolte piccole quantità di alogenuro alcalino terroso o di altri alogenuri. Si è studiato l'effetto di impurità metalliche introdotte direttamente nel cristallo di alogenuro alcalino riscaldandolo per alcune ore in presenza del vapore del metallo. I risultati sinora ottenuti riguardano cristalli di KI contenenti Cd, studiati a temperatura ambiente e alla temperatura dell'azoto liquido. Si è osservata una banda di assorbimento abbastanza larga con un massimo a 250 Å a LNT; tale banda è otticamente stabile.

M. BALDO-CEOLIN, H. HUZITA e S. NATALI (*Padova*), H. CAMERINI e W. F. FRY (*Madison, Wis.*). — **Decadimento non mesonico degli iperframmenti.**

Da uno studio sistematico degli iperframmenti prodotti in emulsioni G-5, K-5 ed L-4 da π di 4.5 GeV di energia sono stati selezionati circa 100 eventi con decadimento non mesonico e per cui l'identificazione è sicura. Saranno discusse alcune caratteristiche di questi tipo di decadimenti.

M. BALDO-CEOLIN, H. HUZITA e S. NATALI (*Padova*), H. CAMERINI e W. F. FRY (*Madison, Wis.*). — **Differenza di massa K_1^0 - K_2^0 .**

La dipendenza del tempo dell'ampiezza di \bar{K}^0 in un beam di stranezza iniziale definita, può mostrare effetti di interferenza dovuti alla differenza di massa K_1^0 - K_2^0 . Per la misura di questo effetto abbiamo utilizzato i K^0 provenienti da cambio carica dei K^+ in un materiale molto denso, in modo da avere un fascio di K^0 di stranezza +1. Si determina quindi l'ampiezza \bar{K}^0 a distanza diversa dalla targhetta dei K^+ . L'ampiezza \bar{K}^0 alle varie distanze si determina in base alla frequenza degli iperframmenti. Saranno riferiti i risultati ottenuti dall'esame di circa 1000 cm² di emulsione.

A. BARBARO GALTIERI e E. L. GOLDWASSER (*Roma*). — **Fotoproduzione di π^+ alla soglia.**

È stata eseguita un'esperienza di fotoproduzione di π^+ in idrogeno usando emulsioni nucleari come rivelatori e misurando le sezioni d'urto differenziale alle energie E_{γ} di 220 MeV e 160 MeV. Le lastre sono state esposte al Betatrone di Illinois. Scopo

della ricerca era di ottenere informazioni sull'inconsistenza tra dati sperimentali e teorici riscontrata nelle estrapolazioni a basse energie. Il primo valore dell'energia è stato ottenuto ponendo un pacco di lastre a 75° nel sistema del laboratorio, preceduto da un assorbitore di Al. La seconda energia, $E_\gamma = 160$ MeV, è la più bassa finora raggiunta con questo metodo ed è stata ottenuta ponendo le lastre ad un angolo di 40° . Le lastre sono state esplorate per decadimenti dei π^+ e tutti gli eventi dubbi sono stati seguiti nelle lastre adiacenti fino alla loro completa identificazione. Sono state fatte inoltre le varie correzioni richieste dal tipo di esposizione. I risultati vengono discussi in base alla curva calcolata mediante le reazioni di dispersione.

G. BARONI. Vedi pag. 432, 433.

G. BARSANTI. Vedi pag. 434.

G. BARSANTI, V. D'ANGELO, L. MUSUMECI e N. TALINI (*Livorno*). — **Sull'arricchimento isotopico del mercurio in campo elettrico costante.**

L'effetto di separazione isotopica ottenuto mediante l'azione di un campo elettrico costante, applicato agli estremi di un capillare, è studiato nel caso del mercurio, in varie condizioni sperimentali. In particolare, in funzione del tempo, per diversi valori della temperatura. Si espongono successivamente alcune possibili interpretazioni teoriche del fenomeno.

F. BASSANI e V. CELLI (*Paria*). — **Stati elettronici di atomi di litio nella struttura del diamante.**

Gli stati di energia degli elettroni in un reticolo cristallino possono venire classificati in base alle rappresentazioni irriducibili del gruppo di operazioni di simmetria del reticolo che non alternano il vettore d'onda \mathbf{K} . L'ordine degli stati di energia e la loro separazione nei punti ad alta simmetria della zona ridotta possono essere determinati con successo utilizzando il metodo delle onde piane ortogonalizzate⁽¹⁾. Questo metodo è stato impiegato per calcolare il valore degli stati di energia di uno pseudo-cristallo costituito di atomi di litio nella struttura del diamante. La densità elettronica è stata scelta uguale a quella del litio allo stato metallico; come autofunzione dello stato elettronico interno si è assunta una somma di Bloch di funzioni atomiche $1s$ degli atomi liberi di litio; si è utilizzato un potenziale del tipo di Wigner e Seitz. I risultati ottenuti per gli stati con minore energia nei punti della zona ridotta $\mathbf{K} = (0, 0, 0)$; $\mathbf{K} = 2\pi a^{-1}(1, 0, 0)$; $\mathbf{K} = 2\pi a^{-1}(\frac{1}{2}, 0, 0)$; $\mathbf{K} = 2\pi a^{-1}(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ sono stati paragonati a quelli ottenuti da Frank Herman⁽²⁾ con lo stesso metodo per il carbonio. La posizione relativa delle bande di energia è la medesima per il cristallo composto di atomi di litio e per il cristallo di atomi di carbonio, sebbene le separazioni siano minori nel caso del litio. Questo è in accordo con la previsione che l'ordine delle bande di energia sia determinato principalmente dalla simmetria del reticolo e la loro separazione dal volume per atomo. Un risultato analogo è stato ottenuto da F. BASSANI per atomi di sodio nella struttura del diamante⁽³⁾.

⁽¹⁾ T. O. WOODRUFF: *Solid State Physics*, **4** 367 (1957).

⁽²⁾ F. HERMAN: *Phys. Rev.*, **88**, 1210 (1952).

⁽³⁾ F. BASSANI: *Energy band structure of sodium atoms in the diamond lattice*, in *Proceedings of the International Conference on Semiconductors* (in corso di stampa).

F. BASSANI e I. FIDONE (Palermo). — Bande di energia in grafite.

Vengono presentati i risultati di un calcolo delle bande di energia per gli elettroni in un cristallo di grafite nell'approssimazione che il cristallo sia bidimensionale. Il metodo è quello del «tight binding» e le funzioni atomiche utilizzate sono la $2s$ e le tre funzioni $2p$ degli atomi di carbonio. Il potenziale del cristallo è la somma dei potenziali atomici per i quali l'approssimazione analitica di Casella ⁽¹⁾ è stata utilizzata. Nel calcolo effettivo degli integrali del potenziale si è usata l'approssimazione di assumere diversi da zero solo gli integrali a due centri e di considerare soltanto atomi la cui distanza sia minore o uguale a $2r_0$ dove r_0 è la distanza minima fra gli atomi del reticolo. Le energie sono calcolate lungo tre direzioni di simmetria della zona ridotta facendo uso dei metodi della teoria dei gruppi per semplificare i determinanti secolari ⁽²⁾. I risultati confermano che la grafite è un caso limite tra metallo e semiconduttore perché gli stati occupati e gli stati vuoti si toccano nei punti dove il vettore d'onda \mathbf{K} ha il massimo valore. La separazione tra la banda π occupata, che ha origine dalle funzioni atomiche $2p_z$, e le bande σ a energia più bassa che hanno origine con l'analisi di Coulson e Taylor ⁽³⁾ dello spettro di emissione dei raggi X.

⁽¹⁾ R. CASELLA: *Phys. Rev.*, **109**, 54 (1958).

⁽²⁾ W. M. LOMER: *Proc. Roy. Soc. (London)*, A **227**, 330 (1955).

⁽³⁾ C. A. COULSON e R. TAYLOR: *Proc. Ind. Phys. Soc. A* **65**, 845 (1956).

P. BASSO e R. FIESCHI (Milano). — Calcolo del rapporto fra le tensioni di vapore dei due isotopi dell'Argon allo stato liquido.

Il rapporto P_1/P_2 fra le tensioni di vapore dei due isotopi ^{36}A e ^{40}A allo stato liquido è stato calcolato partendo dalla formula termodinamica

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{2} \ln \frac{m_1}{m_2} + \ln \frac{z_1}{z_2},$$

dove m_1 e m_2 sono le masse dei due isotopi, z_1 e z_2 le loro funzioni di partizione per atomo. Per la miscela isotopica si è assunto un modello quasi cristallino a struttura cubica a facce centrate, con celle uguali per i due isotopi. Si è supposto che 10/12 delle celle siano occupate, come suggeriscono gli esperimenti di diffrazione con raggi X. Le funzioni di partizione sono state calcolate secondo il metodo di Henkel (approssimazione di Einstein con potenziale anarmonico). I risultati del calcolo sono in buon accordo con i dati sperimentali ottenuti recentemente da G. Boato *et al.*

G. BELLETTINI. Vedi pag. 432.

G. BELLETTINI e A. MANFREDINI (Roma) e R. SANNA (Genova). — Un nuovo dispositivo per lo sviluppo di lastre nucleari.

Viene descritto un nuovo dispositivo, che è stato realizzato a Roma, per sviluppare grandi stacks di lastre nucleari. Il dispositivo è basato su di un accorgimento di tipo nuovo, che permette di realizzare una distribuzione di temperatura molto ben uniforme

sull'intero volume del recipiente di sviluppo, sia durante il ciclo caldo che durante il ciclo freddo, come anche durante i passaggi dall'un ciclo all'altro. La durata di questi passaggi può essere variata a piacere (da un minimo di tre minuti ad un massimo di 20, o anche più), senza che la uniformità della distribuzione della temperatura venga alterata. Il dispositivo ha dimensioni tali da permettere di sviluppare un metro quadrato di emulsioni alla volta; inoltre, poichè esso funziona per la maggior parte in maniera automatica, il controllo delle operazioni di sviluppo è molto semplice.

M. G. BELLONI, L. DADDI, L. DE FRANCESCHI, L. MUSUMECI e P. PERILLO (*Livorno*). — **Misura assoluta dell'intensità di una sorgente di neutroni Ra-Be.**

La taratura è stata effettuata con il metodo della termalizzazione dei neutroni in una vasca d'acqua distillata. Il flusso termico è stato ricavato dall'attivazione di In e Mn, mediante una misura assoluta dell'attività β indotta. L'approssimazione dei risultati dipende essenzialmente dalla precisione con cui è conosciuta la sezione d'urto di attivazione dei rivelatori.

E. BELTRAMETTI (*Genova*) e L. A. RADICATI (*Pisa*). — **Assorbimento di mesoni μ negativi in nuclei leggeri.**

Si studia l'assorbimento dei mesoni μ^- nei nuclei leggeri per i quali si assume valido il modello a shell. Si deduce una formula per la probabilità di transazione valida per transizioni di ogni ordine. Tale formula viene applicata allo studio dell'assorbimento in ${}^6\text{Li}$ per valutare le probabilità relative di formazione di ${}^6\text{He}$ nello stato fondamentale e in quelli eccitati. Si dimostra che la probabilità di formazione in stati eccitati è trascurabile e tale è pure il contributo delle transizioni di ordine superiore di modo che la misura della probabilità di transizione ${}^6\text{Li} \rightarrow {}^6\text{He}$ può fornire una determinazione della costante di accoppiamento di Gamow-Teller, $C_{GT} = C_T + C_A$.

M. BELTRAMI. Vedi pag. 437.

M. BELTRAMI e F. POTENZA (*Milano*). — **Risultati preliminari sull'accrescimento di cristalli di Argon.**

L'Argon allo stato solido è ottenuto con il metodo di Bridgman. Si immerge ad una velocità prescritta in N_2 liquido a 77°K un recipiente in cui viene immerso A in modo da mantenerne costante la pressione. Il controllo dello stato cristallino viene eseguito sulla superficie libera del solido dopo sublimazione più o meno intensa mediante macrofotografia in luce riflessa.

M. BENEVENTANO, E. DE AGOSTINO, C. A. GALTIERI, B. RISPOLI e A. SERRA (*Roma*). — **Un contatore di Čerenkov a gas.**

Si comunicano i primi risultati ottenuti nella realizzazione di un contatore di Čerenkov a gas particolarmente adatto per lo studio di particelle con $\beta \sim 1$. Scopo del lavoro è la realizzazione di un rivelatore di particelle relativistiche con efficienza molto prossima

all'unità. Per ottenere ciò, pur mantenendo entro limiti ragionevoli la lunghezza del contatore (~ 1 metro), si è dovuto usare una catena elettronica ad alto potere risolutivo capace di rivelare anche gli impulsi dovuti al singolo elettrone emesso dal catodo del fotomoltiplicatore associato al contatore. I risultati sperimentali ottenuti concordano abbastanza bene con le previsioni teoriche. Si è anche fatto uno studio degli impulsi di fondo del fotomoltiplicatore R.C.A. 6364.

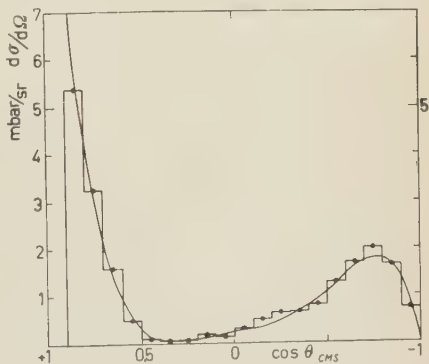
S. BERGIA, L. BERTOCCHI, V. BORELLI, L. LAVATELLI, A. MINGUZZI-RANZI, P. WALOSCHEK and V. ZOBOLI (*Bologna*), G. BRAUTTI, L. CHERSOVANI and R. TOSI (*Trieste*). — **Elastic scattering $\pi^- + p$ at 915 MeV.**

The differential cross section for elastic scattering (on free protons) has been determined, basing on about 1400 events observed in a propane bubble chamber. The angular distribution presents a backwards bump ($\theta_{CM} > 90^\circ$) of $(31 \pm 1.3)\%$. In Fig. 1 is shown the final (corrected) angular distribution together with a least

squares fit curve of the form $\sum_0^6 a \cdot \cos^2 \theta_{CM}$.

The extrapolated amplitude at 0° is 13.1 mb/sterad. This is in reasonable agreement with the value obtained from the dispersion relations and the optical theorem even though the errors involved are very large.

Fig. 1. — Angular distribution for $\pi^- + p$ scattering at 915 MeV. Geometrical corrections and scanning biases were already taken into account. The curve is normalized to an elastic cross section of 19.8 mb.



M. BERNARDINI. Vedi pag. 433.

L. BERTANZA, P. FRANZINI, I. MANNELLI, V. SILVESTRI e P. H. STOKER (*Pisa*). — **Risultati preliminari di un'analisi dello scattering $\pi^- - p$ in camera a bolle a propano.**

È in corso una ricerca sullo scattering $\pi^- - p$ a 1200 MeV in cui si utilizza il film ottenuto dal gruppo della Columbia University esponendo al fascio di π^- del cosmotrone di Brookhaven una camera a bolle a propano di circa 30 cm di diametro e 20 cm di profondità, fornita di un campo magnetico di 13.4 kG. L'energia del fascio di π^- ((1204 ± 8) MeV) è stata determinata mediante l'analisi di 35 eventi di produzione di particelle strane cariche (Σ^+ , K^+) sfruttando la forte dipendenza della correlazione angolare dall'energia del π^- incidente. Il primo problema che si incontra in questo tipo di ricerca è la selezione degli eventi di un determinato tipo: esempio, gli eventi di scattering elastico $\pi^- - p$ in idrogeno. In quel che segue ci occuperemo soltanto di questo problema e ci limiteremo a discutere i criteri di accettazione degli eventi, su un campione di 169 stelle a due rami (corrispondenti a particelle di carica opposta)

già analizzate, e ad effettuare a titolo indicativo su questo campione il calcolo della contaminazione fornita da eventi di altro tipo che simulino gli eventi ricercati. —

(i) Per la misura, vengono riproiettate ingrandite su uno schermo le tre fotografie di ogni evento, prese su tre film posti parallelamente ai vetri della camera mediante tre obbiettivi situati ai vertici di un triangolo equilatero con gli assi ottici ortogonali ai vetri stessi. La ricostruzione

stereoscopica è eseguita col metodo approssimato descritto da V. BORELLI *et al.* ⁽¹⁾. Le tangenti ad ogni ramo della stella sono tracciate utilizzando opportuni « templates »; vengono poi rivelati i vari angoli e i raggi di curvatura. Affinchè una stella a due rami (corrispondenti al solito a particelle di carica opposta) sia da noi classificata come un evento di scattering elastico in idrogeno, devono essere soddisfatti entro gli errori di misura i seguenti criteri:

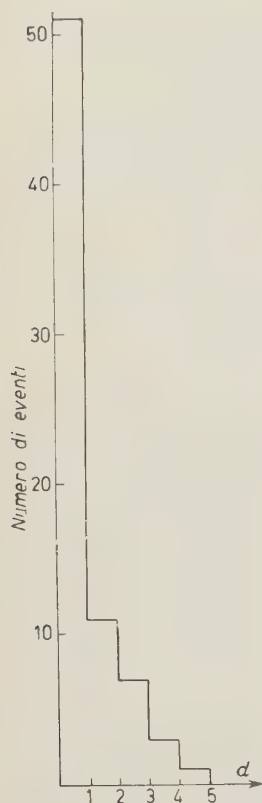


Fig. 2.

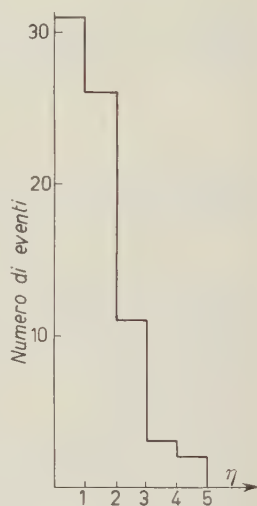


Fig. 1.

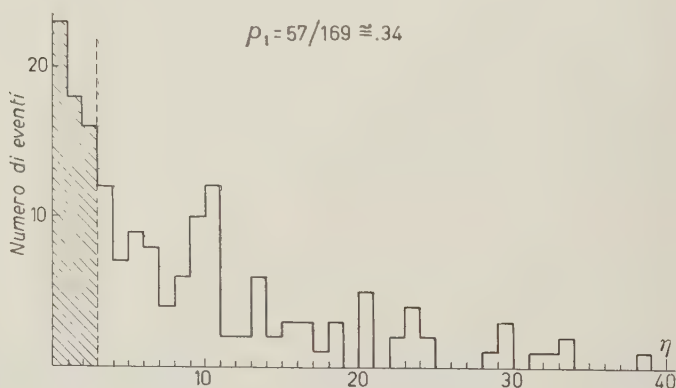


Fig. 3.

1) la stella deve essere complanare; 2) devono essere consistenti con la cinematica della reazione; a) gli angoli che le direzioni del π diffuso e del protone di rinculo formano con la direzione del π incidente; b) i momenti delle due particelle uscenti calcolati mediante la misura delle curvature dei due rami della stella; c) i « ranges » dei protoni che eventualmente si arrestino entro la camera (a questa energia questa eventualità è esclusa per i π); 3) la densità di bolle e lo scattering multiplo devono qualitativamente concordare con quelli aspettati. In tal modo si seleziona un gruppo di eventi che si può supporre

⁽¹⁾ V. BORELLI, P. FRENZINI, I. MANNELLI, A. MINGUZZI-RANZI, R. SANTANGELO, F. SAPORETTI, G. V. SILVESTRINI, P. WALOSCHKE and V. ZOBOLINI: *Nuovo Cimento*, **10**, 525 (1958).

contenga tutti gli eventi elastici in idrogeno oltre a un certo numero di eventi in carbonio (contaminazione) che ci proponiamo di valutare. In questa selezione si è tenuto conto, per ogni singolo evento, della sua « misurabilità » che in generale dipende dalle lunghezze delle tracce, dalle loro orientazioni, dal piano dell'evento, ecc. — (ii) Assumiamo a misura della complanarità di un evento l'angolo η formato dal piano delle particelle uscenti con la direzione del π^- incidente. (Chiamiamo inoltre « distanza angolare d di un evento della cinematica » la distanza (in gradi) del punto rappresentativo di un evento nel piano θ_π, θ_p dalla curva della cinematica relativa allo scattering elastico in idrogeno. (θ_π, θ_p sono rispettivamente gli angoli che le direzioni del π^- diffuso e del protone di rinculo formano con la direzione del π^- incidente.) In Fig. 1 e 2 sono date rispettivamente le distribuzioni in η e in d degli eventi elastici in idrogeno. Come si osserva, rispettivamente 68 e 69 dei 73 eventi di scattering elastico selezionati cadono negli intervalli $0 \leq \eta < 3$ e $0 \leq d < 3$. In Fig. 3 e 4 sono riportate le corrispondenti

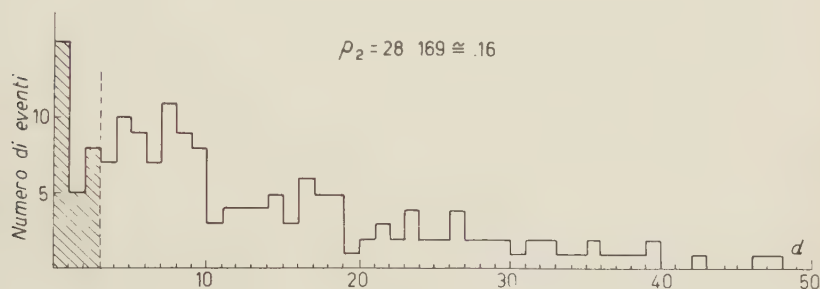


Fig. 1.

distribuzioni per gli altri eventi (che chiameremo genericamente anelastici). Dalle figure si può determinare la probabilità $p_1 p_2$ che un evento anelastico abbia η e d negli intervalli sopra indicati. Tale probabilità risulta dell'ordine del 5.6%. Tenendo conto di un analogo procedimento relativo ai momenti misurati mediante la determinazione dei raggi di curvatura, si trova che la probabilità che un evento anelastico simuli un evento elastico è data da $0.28 \cdot 0.56 = 1.6\%$, che corrisponde ad una contaminazione del $(3.7 \pm 2.3)\%$.

L. BERTOCCHI. Vedi pag. 441.

A. BISI e L. ZAPPA (*Milano*). — Polarizzazione circolare della bremsstrahlung esterna.

La polarizzazione circolare della bremsstrahlung esterna prodotta dall'assorbimento in Ag e Pb della radiazione β emessa dal ^{90}Y , è stata misurata in funzione dell'energia. La polarizzazione dei quanti γ è rivelata sfruttando lo scattering Compton da elettroni polarizzati. Al fine di interpretare correttamente i risultati sperimentali è stato necessario condurre le seguenti separate ricerche: a) risoluzione in energia dello spettrometro a scintillazione; b) efficienza fotoelettrica del cristallo rivelatore;

c) angolo efficace di scattering; *d)* risoluzione in energia del polarimetro; *e)* scattering doppio nel polarimetro; *f)* contributo delle bobine magnetizzanti allo scattering; *g)* numero di elettroni orientati per atomo di Fe; *h)* efficienza del polarimetro. Le polarizzazioni P misurate nell'intervallo tra 0.500 e 2.10 MeV soddisfano alla seguente relazione

$$(1) \quad P = 1.06 \{1 - \exp(-0.90; E)\} \quad 0.50 < E < 2.26 \text{ MeV}.$$

La (1) fornisce per il limite superiore dello spettro ($E = 2.26 \text{ MeV}$) $P = 0.92$ con un errore stimato probabilmente inferiore al 10%. Ciò corrisponde ad una polarizzazione longitudinale dei raggi β uguale a $-0.96 v/c$, dove il segno $-$ tiene conto del fatto che la polarizzazione circolare dei quanti γ è risultata destra. Un confronto è stato fatto tra i valori forniti dall'equazione (1) e quelli ricavati in base a calcoli di prima approssimazione.

N. N. BISWAS. Vedi pag. 431, 432.

P. G. BIZZETI e M. DELLA CORTE (Firenze). — Sull'assottigliamento in fine percorso delle tracce di ioni pesanti in emulsioni nucleari.

Si riportano i risultati di una serie di misure fotometriche su tracce di ioni pesanti (^{16}O e ^{12}C), di particelle α e di particelle di carica 1, terminanti nell'emulsione, eseguiti con lo scopo di studiare il fenomeno dell'assottigliamento delle tracce di ioni pesanti e più in generale il meccanismo di formazione della traccia in fine percorso. Il modello di formazione della traccia che proponiamo è basato su semplici ipotesi e può essere confrontato con successo con i risultati sperimentali, indipendentemente dalla conoscenza dettagliata del comportamento degli elettroni di bassissima energia. Con l'uso di una relazione range-energia per elettroni lenti estrapolata dai dati sperimentali disponibili sopra i 20 keV, è possibile in questo schema valutare quantitativamente l'andamento della larghezza della traccia in funzione della velocità della particella, e anche i risultati di questo calcolo sono in soddisfacente accordo con i dati sperimentali.

B. BLEANEY (Oxford). — Paramagnetism without Kramers degeneracy.

In substances where the paramagnetic ion has an even number of electrons, a two-fold degeneracy of the lowest energy levels may remain if the crystal field has axial symmetry. Random deviations of the crystal field from this symmetry will then cause a splitting of the doublet ground state which varies from ion to ion. The effect of such a splitting on the paramagnetic resonance spectrum and some other properties will be discussed with reference to one or two special cases.

G. BOATO, G. CASANOVA, G. SCOLES e M. E. VALLAURI (Genova). — Tensione di vapore di liquidi isotopici.

Nel quadro di uno studio riguardante la dipendenza dalla massa delle proprietà termodinamiche di alcuni sistemi semplici a bassa temperatura è stata misurata la tensione di vapore degli isotopi dell'argon allo stato liquido nell'intervallo di tempera-

tura tra il punto triplo ed il punto di ebollizione. Data la sensibilità e la precisione dello spettrometro di massa da noi costruito, non è stato necessario usare isotopi arricchiti. Il rapporto delle tensioni di vapore del ^{36}A e del ^{40}A è risultato di 1.0067 ± 0.0001 al punto triplo, con un coefficiente di temperatura di 0.0002 per grado. Mentre sono in corso misure sull'azoto e sull'ossigeno, si sta costruendo un apparecchio che permetterà di estendere le misure dell'argon ad un più ampio intervallo di temperature, e di esaminare il neon. I risultati sperimentali finora ottenuti vengono confrontati con una semplice teoria cellulare dei liquidi e vengono usati per una migliore valutazione dei parametri molecolari dei gas rari, adoperando il teorema quantistico degli stati corrispondenti.

G. BÖBEL e G. PASSATORE (Genova). — Sulla polarizzazione di fotoni scatterati di elasticamente da atomi di mercurio.

In relazione ad una esperienza attualmente in corso di esecuzione, nella quale si cerca di individuare lo scattering Delbrück nel campo del nucleo attraverso la misura

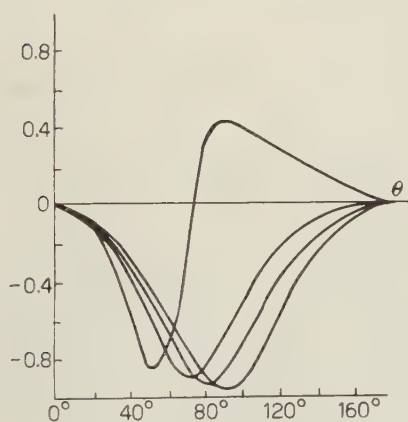


Fig. 1.

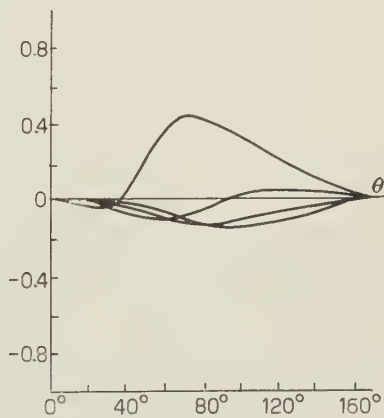


Fig. 2.

della polarizzazione del fascio di fotoni diffusi elasticamente da atomi di Hg, sono state fatte alcune valutazioni teoriche sul grado di polarizzazione da attendersi per i vari fletti che si sovrappongono. A questo scopo si sono utilizzati i valori numerici per le ampiezze di scattering Rayleigh da elettroni K che, in una serie di articoli di S. BRENNER, G. E. BROWN, D. F. MAYERS e J. B. WOODWARD⁽¹⁾ vengono dati in funzione dell'angolo di scattering e per valori dell'energia di 0.32; 0.64; 1.28; 2.56 mc^2 . Il contributo dello scattering Thomson nucleare si valuta facilmente, mentre per il momento non si è tenuto conto del contributo degli elettroni L . I risultati sono dati in Fig. 1 per il grado di polarizzazione lineare p_2 (fascio incidente non polarizzante $p_2 > 0$ significa

⁽¹⁾ S. BRENNER, G. E. BROWN e J. B. WOODWARD: *Proc. Roy. Soc.*, A **227**, 59 (1955); G. E. BROWN e D. F. MAYERS: *Proc. Roy. Soc.*, A **234**, 397 (1956); A **242**, 89 (1957).

vettore elettrico nel piano di scattering, $p_2 < 0$ significa vettore elettrico perpendicolare al piano di scattering) e in Fig. 2 per il grado di polarizzazione circolare p_1 (fascio incidente polarizzato a 45° rispetto al piano di scattering — $p_1 < 0$ significa polarizzazione circolare oraria, $p_1 > 0$ significa polarizzazione circolare antioraria) calcolati per il solo scattering Rayleigh da elettroni K ,

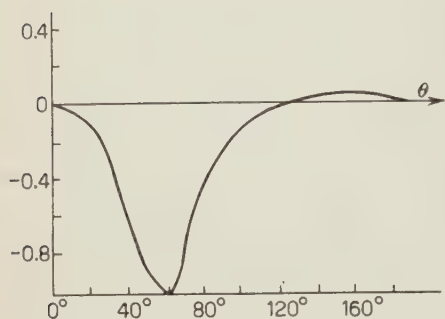


Fig. 3.

mentre in Fig. 3 viene dato il grado di polarizzazione lineare a 2.56 mc^2 corretto per il Thomson. Si può notare come questa correzione modifichi sensibilmente il grado di polarizzazione eliminando il suo cambiamento di segno per $\theta = 75^\circ$, mentre il fascio diventa completamente polarizzato, con il vettore elettrico perpendicolare al piano di scattering per $\theta = 60^\circ$. In una recente misura del grado di polarizzazione lineare eseguita da B. S. Sood ⁽²⁾ per $\theta = 90^\circ$

e all'energia di 1.25 è stata ottenuta una percentuale di polarizzazione del $(6 \pm 2.5)\%$ che non concorda con il valore teorico del 20% qui calcolato.

(²) B. S. SOOD: *Proc. Roy. Soc., A* **247**, 375 (1958).

P. BOCCHIERI e A. LOINGER (Paria). — Sulla teoria quantistica della misurazione.

Come è stato rivelato da Jordan nel 1949, la soluzione data da v. Neumann al problema della misurazione nella teoria quantistica è una soluzione *incompleta*; infatti, per evidenti ragioni fisiche, il sistema costituito dall'apparato (macroscopico) di misurazione e dal microoggetto in esame dovrebbe, alla fine della misurazione, trovarsi *praticamente* nella miscela che si ricava dal caso puro fornito dalla teoria di v. Neumann trascurando gli effetti di interferenza. LUDWIG (1953) ha cercato di dimostrare, servendosi di un opportuno procedimento ergodico, che le leggi della teoria quantistica forniscono effettivamente, in media temporale, un risultato di questo genere. Nel presente lavoro si dimostra che, a causa della macroscopicità dell'apparato di misurazione, la quale gioca un ruolo essenziale, il caso puro e la miscela praticamente coincidono *istante per istante*. Questo risultato viene ottenuto badando alla circostanza che la rivelazione del risultato della misurazione si effettua, in ultima analisi, osservando determinate proprietà macroscopiche dell'apparato, relativamente alle quali lo stato puro del sistema globale è descritto equivalentemente bene dalla corrispondente miscela.

P. BOCCHIERI e A. LOINGER (Milano) (Paria). — Un contributo al problema ergodico quantistico.

Come è stato dimostrato dagli autori (*Phys. Rev.*, **111**, 668 (1958)) il teorema ergodico quantistico di v. Neumann è fisicamente non fondato. Nella presente nota si cerca di dimostrare che per la « grande maggioranza » degli stati iniziali l'operatore densità $D = \sum_n P_{q_n} P_{\psi} P_{q_n}$ (ove P_{q_n} , P_{ψ} sono rispettivamente i proiettori relativi all'autostato q_n

dell'energia e al vettore di stato Ψ del sistema), il quale permette di valutare le medie temporali dei valori di aspettazione, coincide praticamente coll'operatore densità microcanonico. Si fa poi vedere che le leggi di distribuzione della meccanica statistica quantistica sono verificate, nel caso di debole interazione tra i costituenti del sistema, per la « maggior parte » degli stati iniziali del sistema stesso.

V. BORELLI. Vedi pag. 441.

V. BORELLI, A. MINGUZZI-RANZI, P. WALOSCHEK and V. ZOBOLI (*Bologna*). — **Pion production in $\pi^- + p$ collision at 960 MeV.**

Pion production events (and elastic collisions) are investigated using photographs from the Columbia 12 in. Hydrogen Bubble Chamber (*). The exposures were performed at the Brookhaven Cosmotron. The following reactions are analysed:

$$\begin{array}{l}
 \pi^- + p \rightarrow p + \pi^- \\
 \left. \begin{array}{l} n + \pi^0 \\ n + \pi^0 + \pi^0 \end{array} \right\} \text{« stops »} \\
 p + \pi^- + \pi^0 \\
 n + \pi^+ + \pi^- \\
 n + \pi^+ + \pi^- + \pi^0 \\
 p + \pi^- + \pi^+ + \pi^- \\
 p + \pi^- + \pi^0 + \pi^0 .
 \end{array}$$

The separation of these reactions depends essentially on the precision of the measurements (especially of the momenta) and of the identification of the emerging particles by means of their ionization. In Fig. 1 are shown the « neutral masses » for the events analyzed in the month of September, as an example of the uncertainties involved. The data are analyzed for compatibility with the possible kinematic combinations in an electronic computer. The number of events of each type obtained up to now is shown in Table I. We are analysing all events produced in a well defined fiducial region of the chamber. The numbers of Table I can be used to get relative cross sections of the different reactions, assigning the doubtful events to their « most probable » reaction. This is done in the last column of Table I. The data of the events corresponding to reactions (c) and (d) can be compared with the predictions of the isobaric model. The number of events at present available is too small to give a definitive check of the model. The first events are shown in Figs. 2-4 where we have plotted the pion CMS-momentum spectra for the reaction (d).

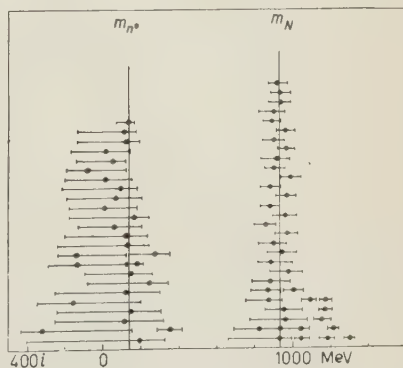


Fig. 1. — Neutral mass diagram for a sample of events.

(*) We are very grateful to the bubble chamber group of the Columbia University in particular to Prof. J. STEINBERGER for allowing us to perform these measurements on films from their chamber.

Other « checks » are in preparation. A small number of « stops » have been observed. Checks on eventual scanning biases are in progress, but we feel that even in the

TABLE I.

a) clear elastic events	193	193
b) stops	60	60
c) clear $p + \pi^+ + \pi^0$	60	68
d) clear $n + \pi^- + \pi^+$	70	84
e) clear $n + \pi^- + \pi^+ + \pi^0$	12	14
f) clear $p + \pi^- + \pi^+ + \pi^-$	4	4
g) clear $p + \pi^- + \pi^0 + \pi^0$	1	1
h) strange particles	7	7
class c) or g)	3	—
class e) or d)	3	—
class d) or e)	10	—
Total	431	431

worst case not more than 20% (= 12 stops) could have been overlooked. This situation puts an upper limit of $\sim \frac{1}{3}$ to the fraction of charge exchange scattering with respect to the elastic scattering:

$$R_1 = \frac{\sigma(n + \pi^0)}{\sigma(p + \pi^-)} \leq \frac{60}{193}.$$

By selection of an adequate phase angle between the amplitudes of isotopic spin states $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{2}$ in the elastic scattering one can explain even very small values of R_1 . But for

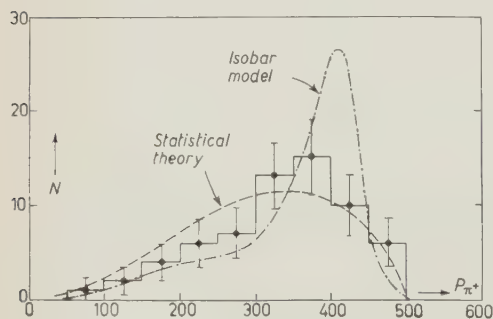


Fig. 2. — Momentum distribution (CMS) for π^+ from the reaction $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n$.

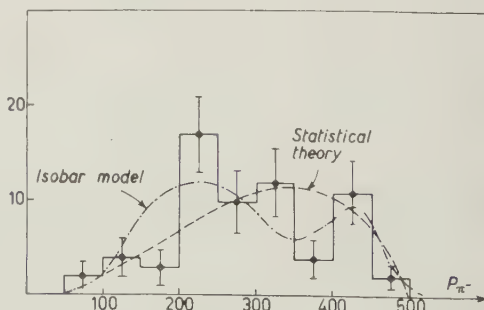


Fig. 3. — Momentum distribution (CMS) for π^- from the reaction $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n$.

this it is necessary that both isotopic spin states contribute with comparable amplitudes (none of them can be neglected with respect to the other). The small number

of stops gives also an upper limit for the reaction $n + \pi^0 + \pi^0$:

$$R_1 = \frac{\sigma(n + \pi^0 + \pi^0)}{\sigma(n + \pi^+ + \pi^-)} \leq \frac{60}{84}.$$

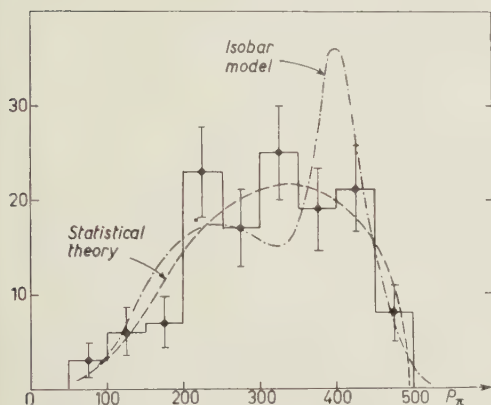


Fig. 4. - Momentum distribution (CMS) for all pions from the reaction $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n$.

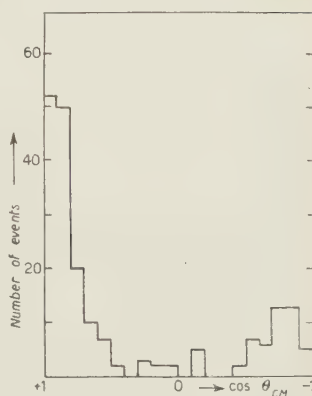


Fig. 5. - Angular distribution (CMS) of the observed elastic scattering events.

We have found 17 clear three-pion events. We may emphasize that these events were all carefully reanalysed, and are all of excellent measurability. Neglecting the $n + \pi^0 + \pi^0$ reaction we get:

$$\frac{\sigma_{(3\pi)}}{\sigma_{(2\pi)}} \cong \frac{19}{152}; \quad \sigma_{(3\pi)} = (2.0 \pm .5) \text{mb}.$$

In Fig. 5 is plotted the angular distribution for elastic scattering, which confirms results of a previous work in a propane chamber. Further work is in progress.

G. BRAUTTI. Vedi pag. 441.

D. BRINI, E. FUSCHINI, D. R. S. MURTY e P. VERONESI (*Bologna*). - **Scattering Rayleigh di fotoni polarizzati.**

Si discutono due criteri sperimentali allo scopo di confrontare le previsioni teoriche sullo scattering Rayleigh deducibili dai calcoli di Franz con quelle di Brown e Mayers. Il primo criterio consiste nello studio dello stato di polarizzazione della radiazione conseguente allo scattering Rayleigh, mediante un successivo scattering Compton. Il secondo criterio invece si basa sullo studio dello scattering Rayleigh di un fascio polarizzato di γ . Seguendo quest'ultimo criterio si può definire un rapporto di asimmetria azimutale R del tipo:

$$\frac{d\sigma_0/d\Omega + \xi_{\parallel} (d\sigma_1/d\Omega)}{d\sigma_0/d\Omega + \xi_{\perp} (d\sigma_1/d\Omega)},$$

dove il numeratore e denominatore rappresentano le sezioni d'urto per effetto Rayleigh relative allo stesso angolo di scattering ma in due piani ortogonali. Le quantità ξ_{\parallel} e ξ_{\perp}

rappresentano i gradi di polarizzazione del fascio rispetto ai suddetti piani ortogonali mentre $d\sigma_0/d\Omega$ è la sezione d'urto Rayleigh per fotoni non polarizzati e $d\sigma_1/d\Omega$ il termine sensibile alla polarizzazione. È stata eseguita una misura di R nello scattering di un fascio da 1.28 mc² su mercurio agli angoli $\theta_1 = 65^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ$ e $\theta_3 = 110^\circ$. Il fascio polarizzato veniva ottenuto mediante uno scattering Compton a 50° della radiazione non polarizzata di una sorgente ⁶⁰Co avente l'intensità di ~ 1 curie. I risultati sperimentali sono in ottimo accordo con le previsioni di Brown e Mayers.

P. BROVETTO. Vedi pag. 433.

P. BUDINI e G. FURLAN (*Trieste*). — **Diffusione di elettroni positivi e negativi ad alta energia da parte di nuclei.**

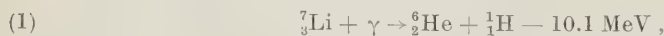
Si determina in seconda approssimazione di Born la sezione d'urto per diffusione elastica di elettroni e positroni da parte di un nucleo non puntiforme statico privo di momento magnetico. L'ipotesi di una sorgente di campo estesa viene espressa dall'introduzione nel potenziale di un fattore di forma $F(q)$ per la carica nucleare. Assumendo un fattore $F(q) = a^2/(a^2 + q^2)$ il calcolo degli integrali è reso possibile da una nuova applicazione del metodo dei residui. Il calcolo per altri fattori di forma può essere ricondotto al caso precedente. L'uso della seconda approssimazione deve permettere una marcata differenziazione nel comportamento di elettroni positivi e negativi e questa a sua volta dipende dall'andamento del fattore di forma: si valuta in particolare il rapporto $(\sigma^- - \sigma^+)/\sigma^-$ e si discutono alcuni risultati particolari.

A. CAMBIERI (*Paria*). — **Ricerche sulla fotodisintegrazione del litio.**

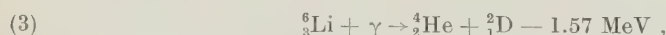
La ricerca è stata effettuata mediante le radiazioni γ di 14.8 e di 17.6 MeV che si liberano nella reazione



su lastre nucleari Ilford caricate con Li. Sono stati confermati gli eventi



precedentemente osservati da E. W. TITTERTON e da altri autori. Inoltre, per una certa traccia, il bilancio dell'energia e della quantità di moto eseguito sui due rami di questa risulta compatibile con la reazione:



già postulata dallo stesso TITTERTON, ma non osservata da questi. La frequenza di eventi di tale tipo farebbe prevedere, per la sezione d'urto relativa, un valore maggiore del limite superiore dato dal Titterton. Nel nostro caso la determinazione del valore di tale sezione d'urto sarebbe poco attendibile dato il basso numero degli eventi osservati. Sono stati infatti esplorati 850 mm² di emulsione ed in essa sono stati osservati 2 eventi attribuibili alla (1), 5 attribuibili alla (2), 6 alla (3).

H. CAMERINI. Vedi pag. 437.

B. CANTONE e R. RICAMO (*Catania*). — **Radioattività dell'aria a Catania.**

È stata misurata la radioattività dell'aria con il metodo della filtrazione su carta W41 e successiva misura dell'attività β del deposito sul filtro. È stato osservato che la radioattività dell'aria esterna presenta tipiche variazioni giornaliere con periodo 24 ore e un massimo verso le ore 0400 in corrispondenza della calma di vento. Tale risultato impone di tener conto di questa variabilità nello assegnare i valori di radioattività caratteristici dell'aria di una data zona. La radioattività dell'aria atmosferica osservata nella zona di Catania ed etnea è contenuta nei limiti $(2 \cdot 10^{-13} \div 4 \cdot 10^{-12})$ curie/l e valori analoghi in Caltagirone. La radioattività dell'aria di locali chiusi nella zona di Catania presenta all'equilibrio valori totalmente anormali, raggiungendo gli $1.2 \cdot 10^{-11}$ curie/l, pari alla dose di tolleranza per i radon derivati. Analoghe misure nella zona di Caltagirone hanno invece dato concentrazioni dell'ordine di 10^{-12} curie/l. Le sostanze radioattive sono state individuate mediante l'analisi delle curve di decadimento e la misura dell'energia dei β emessi e sono risultate RaB, RaC e ThB. L'attività dovuta al torio è nettamente rivelabile e, nei prelievi a saturazione, raggiunge valori di circa $\frac{1}{6}$ dell'attività totale. Campioni prelevati con filtraggi della durata di (10 : 20) ore presentano attività a lunga vita che raggiungono anche il 10% di quella totale ed hanno tempi di dimezzamento dell'ordine di 20 giorni. Tali radioattività vengono solitamente attribuite a prodotti di fissione da esplosioni nucleari.

A. CARACCILO, G. CECCHINI, G. B. GERACE, M. FALLENI e W. SABBADINI (*Pisa*). — **Memorie ed entrata-uscita della « macchina definitiva » del C.S.C.E.**

Si descrive la connessione delle memorie e della entrata-uscita con il nucleo centrale della macchina in costruzione presso il Centro di Pisa. Si illustra il complesso di tali apparecchiature di cui verrà dotata inizialmente la macchina e le notevoli possibilità di ampliamenti già previsti dal progetto logico generale. Si accenna alla possibilità di collegamenti diretti con Istituti di ricerca interessati all'uso della macchina.

A. CARACCILO ed E. FABRI (*Pisa*). — **I criteri di progettazione logica della calcolatrice elettronica del C.S.C.E. di Pisa.**

Si espongono i problemi di base connessi con la progettazione di una moderna calcolatrice a cifre per uso scientifico e si descrivono i criteri generali seguiti nella impostazione del progetto logico della calcolatrice in costruzione presso il C.S.C.E. di Pisa.

A. CARACCILO e L. GUERRI (*Pisa*). — **Le caratteristiche della macchina definitiva del C.S.C.E. di Pisa dal punto di vista logico-matematico.**

Si descrivono le caratteristiche generali della calcolatrice in costruzione presso il C.S.C.E. di Pisa con particolare riferimenti alla modifica automatica degli indirizzi mediante le celle parametriche. Segue un breve commento sulla lista delle istruzioni, notevolmente ricca e versatile, e sulla velocità prevista.

G. CASANOVA. Vedi pag. 444.

C. CASTAGNOLI. Vedi pag. 432, 433.

C. CASTAGNOLI, M. FERRO-LUZZI e G. PIZZELLA (*Roma*). — **Dispositivo semi-automatico nella misura fotometrica di ionizzazione in emulsioni nucleari.**

Si presenta un semplice dispositivo che permette la messa a fuoco automatica della traccia in misure fotometriche di ionizzazione in emulsioni nucleari. Esso è basato sull'uso di un obiettivo montato al centro di una membrana metallica che fa parte di una testa magnetica. La corrente che comanda il magnete è regolata dall'altezza dell'impulso di uscita del fotomoltiplicatore. Un semplice circuito elettronico interrompe il movimento in Z dell'obiettivo quando l'impulso ha raggiunto il suo valore massimo, cioè la traccia è a fuoco. L'altezza e l'integrale dell'impulso vengono automaticamente misurati e i loro valori appaiono scritti sul nastro di un registratore stampante.

C. CASTAGNOLI e M. MUCHNIK (*Roma*). — **Risultati sperimentali sul decadimento $\pi \rightarrow \mu + \gamma + \nu$.**

Un totale di 93045 decadimenti $\pi\text{-}\mu$ è stato esaminato in emulsioni Ilford G-5, per studiare il decadimento $\pi \rightarrow \mu + \nu + \gamma$. Sia il decadimento del π che quello del μ dovevano essere avvenuti nella stessa pellicola. Dal numero totale di muoni più corti del normale così ottenuti si sono eliminati tutti i casi possibilmente dovuti a decadimenti in volo del π . L'effetto dello straggling dei μ normali è stato accuratamente considerato sulla base della teoria di LEVIS per poter stabilire un limite superiore sicuro nella determinazione delle lunghezze dei presunti μ anomali. I risultati sono stati corretti tenendo conto esauriente delle perdite geometriche ed i biases sperimentali. Si è così ottenuto il valore: $(2.22 \pm 0.33) \times 10^{-4}$, per la probabilità che ha un mesone π di decadere in un muone non più lungo di 455 μm . Questo valore e lo spettro dei μ sono in ottimo accordo con le previsioni teoriche sul decadimento radiativo del pione, secondo i calcoli di Joffe-Rudick, Fialho-Tiomno e Oneda.

D. CATTANI, M. GALLI, C. MARONI e D. S. R. MURTY (*Bologna*) — **Importanti tempeste di raggi cosmici registrate durante il corrente anno geofisico internazionale. Metodo statistico per lo studio delle variazioni dell'intensità dei raggi cosmici (*).**

Si riferisce su alcune notevoli tempeste di raggi cosmici registrate durante il corrente Anno Geofisico Internazionale; sono di particolare interesse una forte tempesta associata ad un impulso brusco del campo geomagnetico ed un'altra tempesta iniziata con una rapida discesa e proseguita con oscillazioni diurne molto ampie e regolari. Dato

(*) Relatore M. GALLI.

l'aspetto molto variabile delle variazioni dell'intensità dei raggi cosmici, allo scopo di valutare quantitativamente l'entità delle fluttuazioni, s'introduce un indice che tiene conto sia delle loro frequenza che della loro ampiezza; si mostra poi come questo indice torni utile per mettere a confronto le variazioni dell'intensità dei raggi cosmici con l'attività solare e geomagnetica.

M. CECCARELLI. Vedi pag. 431, 432.

G. CECCHINI. Vedi pag. 451.

G. CECCHINI e G. B. GERACE (*Pisa*). — **Criteri elettronici di progettazione della calcolatrice del C.S.C.E.**

Si discutono i risultati forniti dall'esperienza sulla « Macchina Ridotta » e si accenna ad alcuni nuovi criteri adottati nella progettazione della « Macchina Definitiva » in costruzione presso il C.S.C.E.

G. CECCHINI, G. B. GERACE e S. SIBANI (*Pisa*). — **Criteri elettronici di progettazione della calcolatrice del C.S.C.E.**

Si espongono i criteri elettronici e costruttivi adottati nella costruzione della « Macchina Ridotta » attualmente funzionante presso il C.S.C.E.

V. CELLI. Vedi pag. 438.

C. CEOLIN, E. DE SANTIS e L. TAFFARA (*Padova*). — **Scattering dei mesoni K^+ con nucleoni.**

Nel presente lavoro è stato affrontato il problema dello scattering di mesoni pesanti K da nucleoni in termine di accoppiamento diretto KYN allo scopo di determinare opportuni valori delle costanti di accoppiamento pseudo-scalare g_{Λ}^2 e g_{Σ}^2 che rendono conto, oltre che dell'andamento con l'energia della sezione d'urto K -idrogeno anche degli andamenti sperimentali delle sezioni d'urto elastico e con scambio carica K -neutrone.

C. CERNIGOI, I. GABRIELLI e G. IERNETTI (*Trieste*). — **Controllo dei fotomoltiplicatori mediante luce modulata ad alta frequenza.**

È stato predisposto un dispositivo per lo studio del comportamento dei fotomoltiplicatori esposti a luce modulata ad alta frequenza (qualche decina di MHz). Allo scopo è stata utilizzata la luce diffratta da un reticolo di onde ultrasonore stazionarie in un li-

quido. La risposta dei fototubi è stata esaminata con luce modulata, sia ad illuminazione continua che ad illuminazione impulsiva. Questa seconda condizione di illuminazione è stata usata onde simulare, nei limiti del possibile, il comportamento dei fotomoltiplicatori con scintillatori esposti a fasci di macchine acceleratrici. Vengono presentati alcuni risultati preliminari.

C. CERNIGOI, G. IERNETTI, G. PAULI, G. POIANI e I. VENTURINI (Trieste). — Variazione della componente nucleonica totale della radiazione cosmica al livello del mare.

Allo scopo di condurre ricerche sulle variazioni dell'intensità della componente nucleonica della radiazione cosmica, al livello del mare, si è impiegata una grande camera di ionizzazione ad impulsi, contornata da una serie di contatori di Geiger e Müller. La camera di ionizzazione è del tipo cilindrico, avente un volume di 80 l, ed è riempita con argon alla pressione di 10 atm. Gli impulsi della camera vengono amplificati con un amplificatore lineare munito di discriminatore, che esclude tutti gli impulsi relativi ad eventi di energia inferiore a 10 MeV. Gli impulsi dei contatori G.M. vengono posti in coincidenza con quelli provenienti dalla camera. Un circuito numeratore registra tutti gli impulsi della camera e contemporaneamente quelli di coincidenza fra camera e contatori. La registrazione viene eseguita in modo automatico ogni 30 min da un dispositivo fotografico. Vengono presentati alcuni risultati preliminari.

L. CHERSOVANI. Vedi pag. 441.

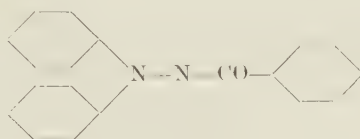
M. CIAMPOLINI. Vedi pag. 477.

I. S. CICCARELLO, T. GAROFANO e M. B. PALMA-VITTORELLI (Palermo). — Struttura iperfine nucleare nella risonanza paramagnetica di complessi di CuCl_2 in soluzione.

Sono state effettuate misure (alla temperatura dell'aria liquida), di risonanza di spin elettronico su CuCl_2 in soluzioni acquose ed anidre (alcool assoluto), saturate o no con HCl. In soluzione acquosa al 3%, lo spettro consta di una sola riga (che rivela l'esistenza di una notevole interazione di scambio), attribuibile a coppie di ioni rameici. Quando detta soluzione viene saturata con HCl, nello spettro appaiono inoltre quattro righe di struttura iperfine, attribuibili ad interazione con nuclei ^{63}Cu e ^{65}Cu ($I = \frac{3}{2}$) in ioni non a coppie. Per contro, in soluzione al 3% in alcool assoluto, le quattro righe di struttura iperfine appaiono solo in assenza di HCl. Per saturazione con HCl, le componenti iperfini si allargano fino a scomparire, il che appare interpretabile sulla base della formazione di gruppi $[\text{CuCl}_4]$, e di un effetto di trasporto di carica sui nuclei ^{35}Cl e ^{37}Cl aventi $I = \frac{3}{2}$.

I. S. CICCARELLO, T. GAROFANO e M. SANTANGELO (*Palermo*). — **Sulla struttura iperfine nucleare dello spettro magnetico di un radicale idrazilico (Difenilbenzoil-idrazilico).**

La tecnica della risonanza di spin elettronico, applicata allo studio dei radicali organici liberi, fornisce notevoli informazioni sulla struttura elettronica di essi. Il radicale in esame, corrisponde alla formula seguente:



è stato da noi sintetizzato allo scopo di ottenere una struttura analoga a quella molto nota del DPPH, con l'inserimento tra un azoto idrazinico ed uno dei nuclei fenilici, di un gruppo carbonilico che si prevedeva avrebbe favorito il trasferimento di carica sull'anello benzenico. I risultati sperimentali, che saranno forniti in dettaglio, sono relativi a soluzioni $\approx 10^{-4}$ mol in tetracloruro di carbonio. Lo spettro è costituito da 5 righe egualmente spaziate, entro i limiti sperimentali, e la cui separazione è: $A/g\beta = 7.5$ G. Tale spettro è interpretabile in base alla Hamiltoniana di spin:

$$\mathcal{H} = g\beta H \cdot S + AS \cdot (I_{N_1} + I_{N_2}) ,$$

in quanto la presenza di 5 anziché 9 righe, con rapporto di intensità approssimativamente 1 : 2 : 3 : 2 : 1 dimostra la sostanziale equivalenza dei nuclei di azoto. Il valore di A inoltre è inferiore per circa il 25% a quello del DPPH, il che conferma il previsto aumento del trasporto di carica.

I. S. CICCARELLO, M. B. PALMA-VITTORELLI, M. U. PALMA e M. SANTANGELO (*Palermo*). — **« Radiation damage » in Aragonite.**

I cristalli di CaCO_3 sono d'interesse per la differenza tra il tipo di legame all'interno dei gruppi CO_3^{2-} e tra tali gruppi e gli ioni Ca^{++} . Nella modificazione più stabile (calcite) si ha inoltre notizia di interessanti fenomeni di termoluminescenza a seguito di irraggiamento con i γ del ^{60}Co . Si è cercato di correlare questi fenomeni con eventuali proprietà magnetiche indotte dall'irraggiamento. Misure preliminari di assorbimento magnetico di risonanza sulla calcite non hanno fornito risultati sicuri e ben riproducibili. Si è passati allora ad irradiare un cristallo della modificazione meno stabile (aragonite). Le caratteristiche più salienti dei risultati sperimentali (che saranno forniti in dettaglio) sono le seguenti: il cristallo non irradiato presenta una riga di assorbimento magnetico con Δg isotropo e molto piccolo; il cristallo irradiato ($T = 300^\circ \text{K}$, esposizione 45 h, sorgente ^{60}Co , 900 curie) presenta due righe (coincidenti lungo l'asse O), con $\Delta g/g$ e $\delta/g\beta H_{\text{cis}}$ dell'ordine di 10^{-3} . Dopo ≈ 10 settimane dall'irraggiamento, lo stesso cristallo presenta uno spettro che è il risultante del singoletto e del doppietto sopradetti (quest'ultimo quasi scomparso). Questi risultati sono attribuibili a centri magnetici in uno stato $2S_{\frac{1}{2}}$.

$I = 0$ (per il cristallo non irradiato) e 3S_1 , $I = 0$ ovvero $S_{\frac{1}{2}}$, $I = \frac{1}{2}$ per il cristallo irradiato. L'eventuale nucleo con $I = \frac{1}{2}$ deve avere abbondanza isotopica dell'ordine del 100% poichè altrimenti apparirebbe nello spettro l'effetto degli altri isotopi. Saranno discusse le varie ipotesi relative al comportamento magnetico trovato, e sarà mostrato che le due più probabili sono: 1) impurezze di fosforo ^{31}P o $^{203,205}\text{Te}$; 2) elettroni in posti vacanti da Ca^{++} . Quest'ultima ipotesi è forse la più convincente. Sono in corso ulteriori indagini, a varie temperature e con diversi cristalli, sulla stabilità dei centri magnetici, sullo spettro ottico, sulla termoluminescenza.

M. CINI, R. GATTO ed E. FERRARI (Roma). — **La differenza di massa tra neutrone e protone.**

È opinione generalmente accettata che la presente teoria dei campi non sia in grado di fornire il valore delle masse delle particelle. È noto che la cosiddetta rinormalizzazione di massa permette di introdurre direttamente nei risultati dei calcoli le masse sperimentali delle particelle come parametri fissati. Tuttavia, tentativi di fornire una spiegazione della differenza di massa tra neutrone e protone sono stati fatti da alcuni autori modificando arbitrariamente l'elettrodinamica quantistica mediante la introduzione di fattori di convergenza alle alte energie ⁽¹⁾. In questo modo, con tagli dell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda Compton del nucleone, FEYNMAN e SPEISMAN hanno per i primi mostrato che la presenza dei momenti magnetici anomali dei nucleoni può essere determinante nel rendere il neutrone più pesante del protone, contrariamente a quanto ci si aspetterebbe per il solo effetto della self-energia coulombiana. Nel nostro lavoro si dimostra anzitutto, facendo uso delle tecniche dispersive, che l'attuale teoria dei campi, senza alcuna modificazione, è in grado di dare un valore finito e perfettamente determinato per la differenza di massa neutrone-protone ⁽²⁾. Il contributo a tale differenza di massa si esamina nello spirito di una « one meson approximation » limitando la somma sul sistema completo di stati intermedi ai soli stati di un singolo nucleone e di un nucleone e un mesone. Il contributo del primo stato ha la stessa forma del calcolo perturbativo di Feynman e Speisman, ma adesso i fattori di taglio arbitrari introdotti da questi autori sono stati sostituiti dalle funzioni $F_1(k^2)$ e $F_2(k^2)$ che rappresentano la distribuzione di carica e di momento magnetico del nucleone. Del termine con un mesone e un nucleone non è stata ancora fatta una valutazione numerica, che è tuttavia possibile usando le espressioni di Fubini, Nambu e Wataghin per l'elemento di matrice S per l'elettroproduzione di mesoni ⁽³⁾. Tuttavia, semplici considerazioni di spin isotopico mostrano che in prima e probabilmente grossolana approssimazione questo termine dà contributo trascurabile. Se questo fosse confermato da calcoli più dettagliati, si potrebbero dedurre condizioni assai stringenti sulle distribuzioni di carica e di momento magnetico del nucleone. In particolare, il contributo del solo primo termine non dà il segno corretto della differenza di massa quando si assumono per le funzioni F_1 e F_2 le espressioni suggerite dai risultati di Hofstadter per piccoli valori di k^2 .

⁽¹⁾ R. P. FEYNMAN e G. SPEISMAN: *Phys. Rev.*, **94**, 500 (1954); A. PETERMANN: *Helv. Phys. Acta*, **27**, 441 (1954); K. HUANG: *Phys. Rev.*, **101**, 1173 (1956).

⁽²⁾ Una osservazione del genere, senza fornire dettagli di calcolo, è stata fatta da G. C. WICK alla conferenza di Rochester del 1957.

⁽³⁾ S. FUBINI, Y. NAMBU e G. WATAGHIN: *Phys. Rev.*, **111**, 329 (1958).

L. CIUFFOLOTTI, G. CORTINI e G. TOMASINI (*Catania, Genova*). — **Sulla produzione di deutoni nelle collisioni di protoni di 140 MeV con i nuclei.**

Si espongono i risultati preliminari di una ricerca intesa a studiare l'emissione di deutoni e tritoni da parte di nuclei bombardati con protoni di 140 MeV. I nuclei studiati sono quelli « pesanti » (Br e Ag) dell'emulsione fotografica.

L. COLLI, I. IORI, G. MARCAZZAN, A. SONA, S. MICHELETTI e M. PIGNANELLI (*Milano*). — **Nuovi risultati sulle reazioni n, p a 14 MeV.**

In questo lavoro viene illustrata l'attività dei gruppi di ricerca sulle reazioni nucleari del CISE e dell'Istituto di Fisica di Milano. Nel quadro di questa attività, in questi ultimi mesi, è stato finito e reso operante presso l'Istituto di Fisica un acceleratore per la produzione di neutroni da 14 MeV, che è in funzione dal Marzo u.s. È stato inoltre messo a punto in collaborazione un tipo di rivelatore per protoni più perfezionato rispetto ai precedenti usati, il quale ha permesso di raggiungere un valore molto inferiore del conteggio di fondo ed anche di ottenere una discriminazione dei protoni dalle particelle α , cosicchè queste ultime possono essere escluse dal conteggio. Si è così potuto estendere lo studio dello spettro dei protoni fino ad energie di 2.5 MeV. Si è inoltre ottenuta in qualche caso una rivelazione energetica del 6.5%. Con questo strumento, sono stati ottenuti gli spettri dei protoni emessi nella reazione n, p a 14 MeV dagli elementi Cu, Ni, Mo e Ag a quattro angoli di emissione del protone rispetto ai neutroni incidenti. Sono inoltre stati ristudiati gli spettri emessi dall'Al, dal Si e dal Mo allo scopo di vederne la forma alle basse energie. Vengono discussi i possibili meccanismi responsabili della reazione.

A. M. CONFORTO. Vedi pag. 436.

M. CONVERSI, G. M. DE MUNARI, A. EGIDI, E. FIORINI, S. RATTI, C. RUBBIA, C. SUCCI e G. TORELLI (*Milano e Pisa*). — **Ricerca sulla presenza di particelle di massa intorno a $500 m_e$ nella radiazione cosmica.**

È in corso di completamento una ricerca intesa a controllare la presenza nella radiazione cosmica delle particelle di massa intorno a $500 m_e$ riportata al Congresso di Mosca del Maggio 1956 da Alihanian e dai suoi collaboratori. L'esperimento si sta effettuando nel Laboratorio del « Sabbione » (Valformazza) a 2500 m s.l.m. La selezione degli eventi viene eseguita mediante un dispositivo descritto in altra comunicazione, che utilizza contatori di Geiger, scintillatori, contatori a luce di Čerenkov ed una adeguata elettronica. La determinazione della massa delle particelle selezionate è ricavata dalla misura dell'energia persa da esse attraversando uno scintillatore proporzionale a liquido e dal corrispondente percorso residuo misurato in una camera a nebbia di volume utile $110 \times 110 \times 50 \text{ cm}^3$, contenente 17 lastre di plexiglas dello spessore di 3 mm. Durante il periodo delle misure eseguite per la raccolta dei dati finora analizzati si sarebbero dovuti trovare circa 10 esempi di particelle di massa ~ 500 se l'abbondanza di queste relativa ai mesoni μ fosse quella riportata dal gruppo sovietico. In effetti non è stato trovato

alcun evento che possa essere interpretato senza ambiguità come dovuto al frenamento di una particella di massa ~ 500 nella camera a nebbia. Questo risultato negativo viene discusso in connessione con i risultati preliminari di vari altri esperimenti che si stanno svolgendo presso altri laboratori.

G. CORTINI. Vedi pag. 457.

G. CORTINI, C. MILONE, T. PAPA e R. RINZIVILLO (*Catania*). — **Recenti risultati sugli spettri dei fotoneutroni.**

Si espongono i risultati di misure eseguite sugli spettri dei fotoneutroni irradiando targhette solide (di alcuni decimi di mole) con i raggi γ del betatrone di Torino e rivelando i neutroni mediante i protoni di rinculo ottenuti in emulsioni nucleari di $200\ \mu\text{m}$ di spessore poste a $\sim 15\ \text{cm}$ di distanza dalla targhetta bombardata. Grazie ad un muro d'acqua di $60\ \text{cm}$ di spessore che riduceva a valori trascurabili il fondo dei neutroni provenienti direttamente dal betatrone e ad uno strato di $6\ \text{mm}$ di piombo che schermava le lastre dai fotoni di bassa energia diffusi dalla targhetta, si sono potute ottenere lastre con basso fondo sia di granuli sparsi che di tracce, nonostante irradiazioni di diverse migliaia di röntgen. Un cilindro di alluminio è stato irradiato alle energie massime di 24 e $30\ \text{MeV}$. Gli spettri sono relativi ai neutroni emessi a $\sim 90^\circ$ rispetto ai fotoni. Lo spettro dei fotoneutroni dell'Al a $30\ \text{MeV}$ è molto più duro sia di quelli di tutti gli altri elementi sia pesanti che medi (Ca) investigati finora, e presenta nell'intervallo di energia ($9 \div 14$) MeV un gruppo di neutroni che sembra indicare l'esistenza di una seconda risonanza della sezione d'urto al di là della risonanza gigante. A $24\ \text{MeV}$ la resa mole/röntgen per neutroni sopra $1.5\ \text{MeV}$ differisce poco della resa a $30\ \text{MeV}$, lo spettro è però molto più molle. Dalla differenza fra i due spettri risulta un notevole contributo di neutroni di elevata energia interpretabile con processi di emissione diretta. I presenti risultati, confrontati con altri recenti ⁽¹⁾, risultano in buon accordo con essi. Alcuni aspetti della tecnica vengono discussi.

⁽¹⁾ F. FERRERO, R. MALVANO, S. MENARDI e O. TERRACINI: comunicazione privata; B. W. SARGENT: *Conference on photoneuclear reactions* (Washington, April 1958).

J. CRUSSARD. Vedi pag. 431, 432.

P. CUZZOCREA e R. RICAMO (*Catania*). — **Sezione d'urto totale per neutroni veloci in alluminio e fosforo.**

Sono state misurate le sezioni d'urto totali per l'alluminio ed il fosforo, per neutroni di energia compresa tra 3 e $5\ \text{MeV}$ e con potere risolutivo migliore di $50\ \text{keV}$. Caratteristico per tutti e due gli elementi studiati è il decrescere della sezione d'urto nel suo andamento medio, al crescere dell'energia dei neutroni. La sezione d'urto totale del fosforo era stata misurata con buon potere risolutivo fino a $3.7\ \text{MeV}$. A energie superiori era noto solo l'andamento medio senza le particolarità di struttura fine rivelate dalle nostre misure. Sebbene le misure di sezione d'urto totale siano concettualmente molto semplici, misure precise a qualche unità per cento presentano notevoli difficoltà e costi-

tuiscono un ottimo controllo della efficienza di una macchina acceleratrice e dei sistemi di rivelazione dei neutroni. L'acceleratore da noi usato è costituito da un Van de Graaff da 2 MeV stabilizzato in energia all'1‰ con sistema a reazione negativa, comandato dal raggio di ioni analizzato magneticamente. L'attuale sorgente di ioni fornisce 50 μ A di deutoni e l'intensità del raggio può essere controllata col potenziale di estrazione e con un filtro di palladio. La targhetta è costituita da ghiaccio di acqua pesante con potere frenante 50 keV per deutoni di 2 MeV e fornisce i neutroni monoenergetici della reazione D, D. L'energia dei neutroni viene variata mantenendo costante la tensione di accelerazione utilizzando i neutroni emessi sotto diversi angoli rispetto alla direzione dei deutoni incidenti. La tensione di accelerazione è stata controllata con le reazioni caratteristiche $\text{Li}(p, \alpha\gamma)$; $\text{F}(p, \alpha\gamma)$ e $\text{Li}(p, n)$. La macchina è stata montata nella sua sede definitiva nel Maggio 1957 e molto tempo è stato speso nella messa a punto del laboratorio e nell'organizzazione della manutenzione e dei rifornimenti. I risultati ottenuti permettono di prevedere un discreto sviluppo delle ricerche con l'acceleratore V.d.G. del Centro Siciliano di Fisica Nucleare.

L. DADDI. Vedi pag. 440.

V. D'ANGELO. Vedi pag. 438.

G. DASCOLA. Vedi pag. 431, 432.

E. DE AGOSTINO. Vedi pag. 440.

L. DE FRANCESCHI. Vedi pag. 440.

M. DELLA CORTE. Vedi pag. 444.

G. F. DELL'ANTONIO e P. GULMANELLI (*Milano*). — **Condizioni asintotiche nell'ordinaria teoria di campo.**

Facendo uso della rappresentazione integrale e delle proprietà delle funzioni singolari generalizzate sviluppate da Källén e Wilhelmsson (1958) e ricorrendo solo all'invarianza relativistica e alle proprietà spettrali, si dimostra, nell'ipotesi che non siano presenti particelle di massa nulla, che il valore di aspettazione di vuoto del prodotto di n operatori di campo, presi in punti giacenti su di una superficie $t = \text{cost.}$ tende a zero, quando la distanza tra un qualunque numero di punti tende all'infinito, più rapidamente di ogni potenza dell'inverso della distanza stessa. Se ne deduce che è possibile definire degli stati « asintotici » (secondo HAAG; lezioni di Varenna e preprint 1958) in ogni teoria di campo in cui il valore di aspettazione di vuoto di n operatori (n qualunque) sia finito. Il risultato è immediatamente estendibile al caso in cui gli operatori di campo $A(x)$ siano distribuzioni aventi campo di variabilità su un insieme di operatori, e si considerino i valori di aspettazione di vuoto degli operatori $\int A(x)f(x)dx$, costruiti mediante funzioni $f(x)$ aventi supporto in una regione dello spazio-tempo piccola, ma finita.

G. DEL RE. Vedi pag. 477.

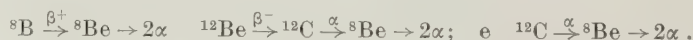
F. DEMANINS e G. POIANI (*Trieste*). — **Su di un acceleratore di deutoni a radiofrequenza da 200 keV.**

La richiesta di piccoli acceleratori di ioni positivi, fino a 200 keV, si è fatta in questi ultimi tempi più frequente, allo scopo di ottenere, con poca spesa, una sorgente di neutroni monocromatici, sfruttando le reazioni $D(d, n)^3\text{He}$ e $T(d, n)^4\text{He}$. In questo Istituto si è realizzato un piccolo acceleratore, da 200 KeV, con l'impiego di mezzi modesti, di cui la caratteristica più importante è l'impiego della radiofrequenza, 480 kHz, per l'alimentazione del moltiplicatore di tensione, tipo Greinacher. L'uso della radio frequenza consente fra l'altro di risolvere agevolmente il problema della stabilizzazione dell'alta tensione e dell'alimentazione delle valvole raddrizzatrici. Vengono esposte le caratteristiche di funzionamento del moltiplicatore di tensione, della sorgente di ioni, del tubo acceleratore e del sistema di stabilizzazione. Si discute infine sul comportamento di varie targhette, adoperate come sorgente di neutroni, secondo la reazione $D(d, n)^3\text{He}$.

G. M. DE MUNARI. Vedi pag. 457.

M. DE PRETIS e G. POIANI (*Trieste*). — **Frammenti pesanti instabili in interazioni di π di 4.5 GeV.**

In uno stack di emulsioni Ilford G-5 esposto a pioni di alta energia sono state studiate 26641 interazioni su nuclei pesanti. Ci si propone di mettere in evidenza le caratteristiche delle disintegrazioni provocate dai suddetti pioni, con riferimento al problema della produzione di iperframmenti da nuclei sottoposti ad alte energie di eccitazione. Nel presente lavoro si riporta la statistica ottenuta relativa all'emissione di frammenti di ^8Li e di ^8Be . Le frequenze corrispondenti osservate sono pari al 5 % per l' ^8Li , ed a circa il 10 % per l' ^8Be , quest'ultimo valore essendo soltanto un minimo per la frequenza vera a causa delle forti perdite dovute alla impossibilità di identificazione degli eventi poco energetici e di quelli dovuti a transizioni da stati eccitati dell' ^8Be ; nel decadimento dell' ^8Li risultano interessanti stati dell' ^8Be attorno ai 3, ai 5 ed ai 7 MeV, essendo inoltre presente un evento dovuto a transizione dallo stato a 10 MeV. Nel decadimento dell' ^8Be emesso nella disintegrazione dei nuclei pesanti risulta presente oltre allo stato fondamentale, di cui viene riportato lo spettro, anche il primo stato eccitato, benchè con un peso inferiore a causa delle limitazioni imposte per la sicura identificazione degli eventi. Viene pure discussa la possibilità di correlazioni angolari β - α nel decadimento dell' ^8Li . Gli spettri di emissione dei frammenti rientrano nella distribuzione prevista da una teoria di tipo evaporativo; il valore dedotto da tale confronto per la temperatura nucleare è verosimilmente compreso tra gli 8 e i 10 MeV. Si nota inoltre come la frequenza relativa di emissione di ^8Li da stelle di cattura di pioni a riposo sia dello stesso ordine di grandezza di quella su riportata per stelle con primario dal fascio. Sono stati inoltre identificati altri frammenti instabili, dovuti a probabili transizioni:



Gli iperframmenti individuati sono 23, di cui 4 mesonici. La frequenza è pari allo 0.9 % Gli eventi dubbi (GOK) sono 28. Di alcuni iperframmenti viene indicato il probabile schema di decadimento. Si discutono gli spettri di emissione e le distribuzioni angolari, e se ne opera il confronto con quanto ottenuto per i frammenti non ipereccitati.

E. DE SANTIS. Vedi pag. 453.

A. DI GIACOMO e L. A. RADICATI (*Pisa*). — **Studio dello scattering anelastico di pioni da nucleoni.**

Si esamina la cinematica della reazione $\pi + N \rightarrow N + 2\pi$ dando un'espressione della sezione d'urto differenziale in termini dei momenti angolari delle particelle iniziali e finali. Si studiano le semplificazioni introdotte nell'espressione generale nel caso che la reazione proceda attraverso la formazione di stati isobarici, e si valuta approssimativamente l'influenza dell'interazione fra mesoni e stati isobarici del nucleone.

E. EBERLE. Vedi pag. 431.

A. EGIDI. Vedi pag. 457.

V. EMMA, C. MILONE, R. RINZIVILLO e A. RUBBINO (*Catania*). — **Recenti risultati sugli spettri dei fotoprotoni.**

Si è continuato lo studio degli spettri dei fotoprotoni ottenuti irradiando targhette gassose con i raggi γ del betatrone di Torino, e rivelando i protoni mediante emulsioni nucleari di $200\ \mu\text{m}$ di spessore. I fotoprotoni esaminati si riferiscono all'intervallo $(70 \div 110)^\circ$ rispetto alla direzione dei fotoni primari; il dispositivo sperimentale permette una buona selezione dei fotoprotoni dalle (poche) tracce di fondo. Abbiamo irradiato targhette di argon alle energie di 22 e 30 MeV con lo scopo precipuo di studiare la parte alta dello spettro. Per protoni con energia $E_p > 3.6$ MeV (percorso residuo $\geq 100\ \mu\text{m}$) la resa dell'argon cresce di un fattore 2.6 fra 22 e 30 MeV e differisce poco ad entrambe le energie dalla resa dell'ossigeno (ottenuta nelle stesse condizioni sperimentali) risultando perciò notevolmente più bassa di quella che ci si attenderebbe in base ai valori accettati della sezione d'urto (che sono eccezionalmente alti). Estendendo lo studio dello spettro ad energie più basse ($E_p > 1.5$ MeV) si trova che lo spettro a 22 MeV — in accordo con quello di Spicer — è molto ricco di particelle di bassa energia. Si discute il complesso dei dati sperimentali finora noti. È molto probabile che una frazione considerevole delle tracce osservate provenga da processi del tipo (γ, np) o (γ, d) .

E. FABRI. Vedi pag. 430, 451.

E. FABRI e L. GUERRI (*Pisa*). — **Impiego della « macchina ridotta » del C.S.C.E. di Pisa nella soluzione di alcuni problemi.**

Si descrivono i calcoli effettuati o in corso di elaborazione per la « macchina ridotta » e si riferisce su alcune esperienze di moderni metodi di calcolo numerico.

M. FALLENI. Vedi pag. 451.

E. FATUZZO (Zurigo). — Il meccanismo dell'inversione della polarizzazione spontanea nei ferroelettrici.

L'inversione della polarizzazione spontanea nei ferroelettrici, sotto l'azione di un campo elettrico E , avviene attraverso due processi: prima si ha la formazione di « germi » di domini polarizzati nella nuova direzione, e poi la crescita di tali domini per spostamento di pareti. Abbiamo studiato il meccanismo della inversione della polarizzazione in $(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH})_3\text{H}_2\text{SO}_4$ e il modo in cui tale meccanismo dipende dal campo elettrico applicato, dalla temperatura e dalla geometria del preparato; è stato possibile, per la prima volta, separare il contributo dei due suddetti processi all'inversione della polarizzazione. Per campi E poco intensi (fino a circa 3000 V/cm) il tempo t_s necessario per invertire la polarizzazione segue una legge esponenziale della forma: $t_s = t_0 \exp [\alpha/E]$, dove t_0 e α sono costanti. Questa legge era stata già osservata in BaTiO_3 da Merz ⁽¹⁾. Per campi E più intensi (tra 3000 V/cm e 20000 V/cm) $1/t_s$ varia linearmente con E (ma non è proporzionale ad E). Per campi molto intensi (più di 20000 V/cm) $1/t_s$ è proporzionale ad E . La discussione di questi risultati porta alle seguenti conclusioni: per campi poco intensi il tempo più lungo è quello (t_n) necessario alla formazione di tutti i « germi » (dal primo all'ultimo); appena uno di questi è formato, il corrispondente dominio cresce in un tempo (t_d) molto minore di t_n . Per campi molto intensi, al contrario, $t_d \gg t_n$, sicchè t_s è determinato dalla mobilità delle pareti. Questa può così essere calcolata e si ottiene il valore di 2 cm²/V s. L'impulso di corrente che circola durante l'inversione della polarizzazione è stato studiato al variare del campo E applicato al preparato, e della temperatura. È stato così possibile trovare una correlazione tra il tempo di salita e la durata dell'impulso da un lato, e i tempi t_n e t_d dall'altro. È stato possibile altresì studiare l'interazione tra i domini in formazione, per mezzo dell'analisi dell'impulso di cui sopra, quando il campo elettrico applicato al preparato è molto poco intenso. Variando le condizioni della superficie del preparato è possibile variare t_n , ma non t_d : si può studiare l'effetto di ciò sul suddetto impulso di corrente e trovare conferma delle nostre conclusioni. Applicando al preparato più impulsi elettrici rettangolari di durata minore di t_d , è possibile invertire la polarizzazione gradatamente, ma quando tali impulsi sono più brevi di t_d , l'inversione della polarizzazione non è più possibile: infatti in tal caso i domini che si sono formati e hanno incominciato a crescere, rimpiccioliscono e spariscono non appena il campo è rimosso.

⁽¹⁾ W. J. MERZ: *Phys. Rev.*, **95**, 690 (1954).

E. FERRARI. Vedi pag. 456.

M. FERRO-LUZZI. Vedi pag. 432, 433, 452.

S. FERRONI. Vedi pag. 433.

I. FIDONE. Vedi pag. 430.

R. FIESCHI. Vedi pag. 437, 439.

R. FIESCHI, G. NARDELLI e A. REPANAI (Milano). — Calcolo preliminare del coefficiente di autodiffusione per posti vacanti di argon solido.

Si studia l'autodiffusione nell'Argon solido per moto di posti vacanti: il coefficiente di autodiffusione è dato dalla nota espressione:

$$D = a^2 \nu (\exp [\Delta S_v / k] \exp [-\Delta H_v / kT]) (\exp [\Delta S_d / k] \exp [-\Delta H_d / kT]),$$

dova a è la costante reticolare, ν la frequenza caratteristica del reticolo, ΔS_v è l'entropia di attivazione per creare il difetto, ΔS_d l'entropia di attivazione per la migrazione di un atomo nel punto sella; ΔH_v e ΔH_d sono le entalpie di attivazione corrispondenti. Si suppone che nel cristallo l'interazione sia descrivibile mediante forze centrali a due corpi e il potenziale di interazione è assunto del tipo $Ar^{-12} - Br^{-6}$; i valori delle costanti A e B sono quelli valutati da Domb e Zucker ⁽¹⁾; non si tiene conto della perturbazione del potenziale dovuta alla diversa simmetria attorno al difetto. ΔS e ΔH sono stimati secondo gli schemi di Huntington-Seitz ⁽²⁾ e di Huntington-Shirn-Wajda ⁽³⁾. La distorsione intorno a un posto vacante è risultata trascurabile. L'entalpia di attivazione per diffusione è valutata in due schemi di approssimazione limite: assenza di rilassamento e rilassamento totale dei secondi vicini dell'atomo nel punto sella. Si discutono infine i risultati confrontandoli con i valori sperimentali nei metalli; nei cristalli ionici e nei cristalli molecolari (H_2).

⁽¹⁾ C. DOMB e I. J. ZUCKER: *Nature* (Lond.), **8**, 484 (1956).

⁽²⁾ H. B. HUNTINGTON e F. SEITZ: *Phys. Rev.*, **61**, 315 (1942).

⁽³⁾ B. H. HUNTINGTON, G. A. SHIRN e E. S. WAJDA: *Phys. Rev.*, **99**, 1085 (1955).

E. FIORINI. Vedi pag. 457.

G. FORNACA e M. REINHARZ (Pisa). — Risultati preliminari sulle ricerche nel plasma in decadimento.

Si descrivono risultati preliminari di alcune semplici esperienze intese alla determinazione della conducibilità termica in campo magnetico di un plasma in decadimento.

P. FRANZINI. Vedi pag. 441.

J. FRIEDEL. Vedi pag. 435.

W. F. FRY. Vedi pag. 437.

G. FURLAN. Vedi pag. 450.

E. FUSCHINI. Vedi pag. 449.

I. GABRIELLI. Vedi pag. 453.

M. GALLI. Vedi pag. 452.

C. A. GALTIERI. Vedi pag. 440.

T. GAROFANO. Vedi pag. 454, 455.

R. GATTO. Vedi pag. 456.

G. B. GERACE. Vedi pag. 451, 453.

E. GERMAGNOLI. Vedi pag. 435.

R. GESSAROLI. Vedi pag. 431, 432.

L. GIULOTTO e G. LANZI (*Paria*). — **Un metodo per la misura di T_2 nei liquidi.**

Si descrive un metodo per la misura del tempo di rilassamento trasversale nei liquidi, basato sulla osservazione del decadimento della magnetizzazione nucleare mentre precede in un piano normale al campo magnetico costante. Questa condizione viene ottenuta arrestando al momento opportuno la variazione del campo magnetico costante durante un passaggio veloce adiabatico. Il campo magnetico costante viene perciò modulato con una corrente a dente di sega mediante un oscillatore a rilassamento seguito da un amplificatore. Quando la forza elettromotrice indotta dalla precessione nucleare raggiunge un valore prestabilito l'oscillatore a rilassamento viene bloccato con un ritardo regolabile in modo che il campo costante si arresti quando il segnale ha raggiunto l'altezza massima. Misure preliminari eseguite in alcuni liquidi hanno dato per T_2 un valore circa uguale a T_1 .

M. GÖING. Vedi pag. 431, 432.

E. L. GOLDWASSER. Vedi pag. 437.

K. GOTTSTEIN. Vedi pag. 431, 432.

A. GOZZINI (*Pisa*). — **Miglioramento del rapporto segnale-rumore e della stabilità di amplificatori di bassa frequenza.**

Si descrive un semplice artificio mediante il quale si è ottenuto un notevole miglioramento del rapporto segnale-rumore, e della microfonicità e stabilità di un amplificatore di bassa frequenza.

A. GOZZINI e E. POLACCO (*Pisa*). — **Interazione di onde elettromagnetiche connessa con la saturazione di risonanze molecolari.**

Due onde elettromagnetiche, di frequenza ν_1 e ν_2 , si propagano in un gas, che presenta due righe di assorbimento alla frequenza ν_1 e ν_2 . L'assorbimento alle due frequenze è dovuto a transizioni fra due livelli rotazionali adiacenti. La saturazione di una risonanza eguaglia le popolazioni di livelli ad essa interessati, e quindi cambia la differenza fra le popolazioni dei due livelli interessanti l'altra risonanza. Ne segue che se una delle onde è modulata in frequenza, ed è di intensità sufficiente a produrre la saturazione, l'altra onda viene modulata in ampiezza. Il fenomeno può essere utilizzato nella rivelazione della risonanza nella regione delle microonde e nello studio del fenomeno della saturazione. Si riferiscono i risultati di esperienze eseguite sulla molecola lineare BrCN. Si descrivono pure altri fenomeni di interazione connessi con la saturazione di una risonanza molecolare.

S. GRANATA. Vedi pag. 435.

M. GRILLI, L. GUERRIERO, I. LABORAGINE, G. A. SALANDIN ed E. SARTORI DI BORGORICCO (*Padova*). — **Analisi delle interazioni dei mesoni K nell'intervallo energetico (200÷350) MeV.**

Presentiamo i risultati dell'analisi delle interazioni di mesoni K^+ trovate seguendo circa 110 m di traccia nell'intervallo di energia (200÷350) MeV. Sono state prese in considerazione solo le interazioni anelastiche sia di scattering che di cambio carica. Dai dati sperimentali si sono dedotte le sezioni d'urto elementari di scattering e di cambio carica si è confermato l'aumento del rapporto $\sigma_{c.carica}/\sigma_{scatt.}$. Utilizzando anche i risultati di altri laboratori diamo un panorama generale sull'interazione da 50 a 350 MeV e un tentativo di analisi in fasi. Per quanto concerne la produzione di π in materia nucleare diamo una valutazione del numero di eventi spuri e dell'effetto del riassorbimento sul numero di pioni osservato.

R. GUCCIONE, M. P. TOSI (*Palermo*) e M. ASDENTE (*Milano*). — **Energia di migrazione per cationi e anioni in alogenuri alcalini.**

L'energia di migrazione attraverso posti vacanti isolati per cationi e anioni in cristalli di NaCl e KCl viene calcolata usando la teoria di Born ⁽¹⁾ dei solidi ionici. L'effetto della forma assunta per l'energia di interazione da sovrapposizione viene studiato quantitativamente usando due diverse forme repulsive. In accordo con il risultato di precedenti discussioni qualitative ^(2,3), si mostra che la forma repulsiva esponenziale adottata da Born e Mayer non riproduce con sufficiente accuratezza l'interazione da sovrapposizione.

⁽¹⁾ M. BORN e M. GOEPPERT-MAYER: *Handb. d. Phys.*, **24** (2), 623 (1933).

⁽²⁾ F. G. FUMI: *Phil. Mag.*, **46**, 1007 (1955).

⁽³⁾ F. G. FUMI e M. P. TOSI: *Farad. Soc. Disc.*, **23**, 92 (1957).

posizione fra ioni a distanze notevolmente minori (di circa il $(10 \div 15)\%$) della distanza interionica di equilibrio. I valori ottenuti per le energie di moto di cationi e anioni in cristalli di NaCl e KCl, usando la forma repulsiva proposta da Verwey in cui si assume che l'energia d'interazione da sovrapposizione fra ioni a distanza relativa minore della distanza interionica d'equilibrio vari come la dodicesima potenza inversa della distanza, sono riportati in Tabella I. I valori teorici ottenuti sono in discreto accordo con

TABELLA I. — *Energie di migrazione attraverso posti vacanti isolati per cationi e anioni in cristalli di NaCl e KCl (in eV). Valori calcolati usando la formula di Verwey per l'interazione da sovrapposizione.*

	Catione	Anione
NaCl	0.87	1.11
KCl	1.13	1.18

le energie di moto sperimentali, per le quali i valori più probabili (piuttosto insicuri soprattutto nel caso dell'anione) sembrano per il catione circa 0.8 eV in entrambi i cristalli, e per l'anione circa 1.2 eV in NaCl e 1.0 eV in KCl. La differenza fra i valori teorici per anione e catione nello stesso sale è alquanto più alta di quella ottenuta in precedenti stime teoriche per cristalli di NaCl ⁽⁴⁾ (0.51 eV per il catione; 0.56 eV per l'anione); la ragione di questo è da ricercarsi ⁽³⁾ nel trattamento più raffinato usato nel presente lavoro per stabilire la distorsione reticolare attorno agli ioni in moto, e nell'introduzione di interazioni da sovrapposizione fra ioni secondi vicini.

(⁴) N. F. MOTT e M. J. LITTLETON: *Trans. Farad. Soc.*, **34**, 485 (1938).

L. GUERRI. Vedi pag. 451, 461.

L. GUERRIERO. Vedi pag. 465.

P. GULMANELLI. Vedi pag. 459.

J. HENNESSY. Vedi pag. 431, 432.

H. HUZITA. Vedi pag. 437.

G. IERNETTI. Vedi pag. 453, 454.

I. IORI. Vedi pag. 457.

W. JOHN e G. STOPPINI (*Urbana, Ill.*). — **Distribuzioni angolari nella fotoproduzione di π^0 in H_2 .**

La misura della distribuzione angolare dei mesoni prodotti nel processo:

$$\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p, \\ \quad \quad \quad \hookrightarrow 2\gamma,$$

può dare, se eseguita a basse energie dei fotoni primari, utili informazioni sul contributo di transizioni in stati S . Nel processo in questione queste transizioni sono di due tipi: a) quelle associate con la corrente dei nucleoni (termine di rinculo); b) quelle di scattering con scambio di carica sul nucleone genitore da parte di π^+ fotoprodotti su onda S . Una misura dell'onda S totale, consente una valutazione del termine di rinculo, qualora si sappia correggere per il contributo delle transizioni del tipo b). Alla soglia il contributo b) è nullo e rimane solo il contributo a). D'altra parte, la conoscenza del termine di rinculo può chiarire, in parte, la questione, un pò controversa, della misura della costante di accoppiamento pione-nucleone f , dedotta dai soli processi fotomesonici. Su questa linea, due esperimenti sono stati eseguiti facendo uso del fascio di fotoni del betatrone dell'Università dell'Illinois. Il primo consisteva in una determinazione delle distribuzioni angolari eseguita misurando le coincidenze fra il protone di rinculo e uno dei γ di decadimento del π^0 . L'energia del fotone primario è stata individuata, nello spettro continuo incidente, dall'angolo ed energia del protone di rinculo. Il telescopio per la rivelazione e misura dell'energia del protone di rinculo consisteva di un sottile (~ 60 mg/cm²) contatore proporzionale di trasmissione (per la misura di dE/dx) e di un contatore proporzionale ad assorbimento totale (per la misura di E). Il contatore di trasmissione era un contatore a Xe (~ 60 g/cm²) e consentiva la selezione e misura dell'energia dei protoni fino a 5 MeV. Il rivelatore di fotoni era un contatore di Čerenkov ad assorbimento totale. Lo spessore della targhetta di H_2 liquido (lente di spessore massimo 1.4 cm) e la cinematica del processo, limitano a 190 MeV l'energia minima dei γ primari a cui si possono effettuare misure con questo metodo. Vengono presentate distribuzioni angolari nell'intervallo di energia (190 ÷ 250) MeV. Vengono discussi gli errori e le correzioni connesse. Viene riportata una stima preliminare dell'onda S alle energie di cui sopra. I risultati vengono, infine, confrontati con i calcoli delle sezioni d'urto basati sulle relazioni di dispersione. Si conclude che, a parte altre considerazioni il confronto non sarà molto utile, finchè non si avrà una conoscenza sperimentale più, precisa delle fasi di scattering α_{11} , α_{13} , α_{31} .

I. LABORAGINE. Vedi pag. 465.

G. LANZI. Vedi pag. 464.

L. LAVATELLI. Vedi pag. 441.

A. LOINGER. Vedi pag. 446.

C. LO SURDO (Milano). — Sull'impiego del metodo delle armoniche sferiche nello studio a molti gruppi dell'equazione del trasporto di Boltzmann.

Si presenta una discussione generale sulla soluzione della equazione del trasporto a restituzione pronta mediante il metodo delle armoniche sferiche in un mezzo finito, costituito da un numero finito di regioni omogenee, limitate da superfici regolari. Nessuna ulteriore restrizione è imposta alla geometria del problema, alla natura della funzione di scattering e della sorgente o alla completezza della soluzione in termini di possibili soluzioni indipendenti; per contro nessun problema o risultato particolare, suscettibile di applicazione immediata, è presentato o discusso. Dal punto di vista energetico è fatto uso del classico schema a molti gruppi, e il formalismo matriciale è applicato sistematicamente. La soluzione generale è dapprima fornita in termini delle autosoluzioni di due equazioni matriciali e omogenee, di cui la seconda è l'aggiunta della prima, corredate da convenienti condizioni al contorno. Queste autosoluzioni possono ricondursi alla determinazione di soluzioni di equazioni differenziali del tipo $(\nabla^2 - \alpha^2)\Phi = 0$, ove α^2 è un parametro generalmente complesso e caratteristico della regione considerata. Le relative condizioni al contorno risultano di tipo omogeneo e generano un autoproblema che ammette soluzioni non banali soltanto in corrispondenza di certi valori di un parametro a priori indeterminato e disponibile nelle equazioni di partenza.

W. LOW and D. SHALTIEL (Israel). — Determination of relative abundance, ratio of magnetic moments, capture cross-sections of gadolinium isotopes by means of paramagnetic resonance spectrum (*).

Precision of the hyperfine structure of the transition corresponding to $\Delta M = 4$ of the cubic field paramagnetic resonance spectrum of gadolinium in single crystals of thorium oxide yields the following values: Isotopic abundance: Even isotopes 69.45%; ^{155}Gd $(15.05 \pm 0.2)\%$; ^{157}Gd $(15.5 \pm 0.2)\%$. Ratio of magnetic moments $\mu^{155}/\mu^{157} = 0.7495 \pm 0.0045$. Crystals irradiated at the Harwell pile with a thermal neutron flux of $1.2 \cdot 10^{12}$ n/cm²/s, and a fast flux of $2.3 \cdot 10^{11}$ n/cm²/s yield the ratio of nuclear capture cross-sections $\sigma^{157}/\sigma^{155} = 2.82$, using the above abundance values. No F center spectrum was detected in crystals irradiated with a total neutron flux of about 10^{14} n/cm². The paramagnetic resonance spectrum of gadolinium in irradiated crystals is unchanged indicating negligible radiation damage in the neighbourhood of the paramagnetic ions.

(*) Supported by the U. S. Air Force Office of Scientific Research, (EOARDC), under contract no. AF 61 (052)-59.

A. MANFREDINI. Vedi pag. 432, 433, 459.

I. MANNELLI. Vedi pag. 441.

G. MARCAZZAN. Vedi pag. 457.

F. MARIANI (Roma). — Sulle correlazioni tra densità elettronica nello strato F_2 e attività solare.

I valori mediani mensili della densità elettronica massima nello strato F_2 , a mezzogiorno, sono stati posti in correlazione con i numeri di Wolf e con le aree dei flocculi di idrogeno e di calcio e con quelle dei filamenti di idrogeno. Sono stati usati i dati di circa 30 osservatori compresi tra $\sim 50^\circ$ e $\sim 50^\circ$ di latitudine geomagnetica per il periodo Maggio 1947-Marzo 1954, che rappresenta la fase decrescente dell'ultimo ciclo solare. Indicando con N il valore mediano mensile della densità elettronica massima, con \bar{N} la sua variazione secolare, con N_{12} la variazione di carattere stagionale, con R e A_F i valori mediani mensili del numero di Wolf e della area dei filamenti di idrogeno, con \bar{R} e \bar{A}_F le loro variazioni secolari si deducono le seguenti caratteristiche principali: 1) la legge di dipendenza di \bar{N} da \bar{R} , di solito assunta nella forma $\bar{N} = \bar{N}_0(1 + \alpha R)$ è vantaggiosamente sostituita dalla $\bar{N} = \bar{N}_0(1 + \beta \bar{R} + k \bar{A}_F)$; 2) i valori di α sono notevolmente maggiori nell'emisfero Nord che nell'emisfero Sud, specialmente al crescere della latitudine geomagnetica Nord. I valori di β , invece sono circa uguali nei due emisferi mentre la asimmetria di α riappare più marcata nei coefficienti γ ; 3) risultati simili si hanno nella correlazione dei valori $N - N_{12}$ con R e A_F e di $N - N_{12} - \bar{N}$ con $R - \bar{R}$ e $A_F - \bar{A}_F$. Si discutono infine i risultati ottenuti e si presentano taluni risultati preliminari relativi agli anni che vanno dal 1937 al 1947.

G. MARINI. Vedi pag. 436.

G. MARONI. Vedi pag. 452.

G. MARTELLI (Birmingham). — Diffusione elastica di protoni contro protoni a 930 MeV.

Una camera a bolle è stata esposta al fascio di protoni di 930 MeV del sincrotrone di Birmingham. Si sono studiate le interazioni elastiche di protoni contro protoni liberi. Facendo uso della teoria del modello ottico uniforme si è dedotto il valore del raggio del protone a queste energie. Si confrontano i risultati ottenuti con quelli predetti dal modello a « hard core » proposto da J. Brown (1958) e si discute la forma della distribuzione angolare, che mostra un pronunciato massimo in avanti a piccoli angoli. Dall'analisi di 311 m di traccia si è dedotta la sezione d'urto totale e differenziale.

G. MARTELLI (Birmingham). — Interazioni quasi elastiche in carbonio: la distribuzione dei momenti dei nucleoni legati.

Con l'ausilio di una camera a bolle a propano si sono studiate le interazioni di tipo quasi-elastico di protoni aventi energia di 930 MeV con protoni leggeri in carbonio (reazioni p-2p). Si è sviluppato un metodo per correlare gli angoli misurati al momento del protone legato. La distribuzione sperimentale dei momenti è descritta da una curva di tipo gaussiano, il cui valore $(1/e)$ corrisponde ad una energia cinetica di 13 MeV. Si discutono possibili interpretazioni dei risultati.

S. MICHELETTI. Vedi pag. 457.

C. MILONE. Vedi pag. 58, 61.

A. MINGUZZI-RANZI. Vedi pag. 441, 447.

E. MONTALDI (*Milano*). — **Su alcuni casi di riducibilità delle funzioni singolari generalizzate.**

Nello studio del valore di aspettazione di vuoto di un prodotto di $n+1$ campi scalari interviene la funzione singolare:

$$(1) \quad \Delta_{n+1}^{(+)}(x; a) = \frac{(-i)^n}{(2\pi)^{3n}} \int \dots \int d^4 p_1 \dots d^4 p_n \exp \left[i \sum_{k=1}^n p_k x_k \right] \prod_{r,s=1}^n \delta(p_r \cdot p_s + a_{rs}) \prod_{j=1}^n \theta(p_{j,0}),$$

che è una generalizzazione della ben nota funzione $\Delta^{(+)}$. KÄLLÉN e WILHELMSSON hanno mostrato che, per qualunque valore di n , l'integrale (1) si può esprimere in termini della funzione $\Delta_5^{(+)}$, e hanno ricondotto le sedici integrazioni, all'uopo necessario ad una sola integrazione coinvolgente funzioni di Hankel e funzioni elementari. Seguendo una linea diversa da quella adottata dai precedenti autori si ottengono formule che, in vari casi particolari, conducono — con notevole semplificazione dei calcoli — a rappresentazioni integrali, in cui l'integrazione viene fatta rispetto ad una variabile ausiliaria. Si stabiliscono inoltre le condizioni sotto le quali — nei singoli casi — le rappresentazioni in questione conducono a risultati convergenti.

S. MORA. Vedi pag. 431, 432.

M. MUCHNIK. Vedi pag. 452.

D. R. S. MURTY. Vedi pag. 449, 452.

L. MUSUMECI. Vedi pag. 434, 438, 440.

G. NARDELLI. Vedi pag. 463.

S. NATALI. Vedi pag. 437.

M. ODDO (*Roma*). — **Su un problema di correlazione angolare elettrone-neutrino e conseguente emissione di raggio γ di determinata energia.**

Si analizza la probabilità di transizione di uno stato nel quale i momenti \mathbf{p} e \mathbf{q} dell'elettrone e del neutrino sono inclusi entro gli angoli solidi $d\Omega_e$ e $d\Omega_\nu$. Si applica il principio della conservazione del momento e dell'energia fra elettrone, neutrino e rin-

culo del nucleo. Parametri di questo calcolo sono l'energia E dell'elettrone e l'angolo θ fra il rinculo del nucleo e la direzione di propagazione del raggio γ . La forma dell'interazione si assume costante. Nell'emissione β un nucleo può produrre un raggio γ . Si considera la probabilità che il raggio γ immesso nell'angolo solido $d\Omega_\gamma$ incontri un isotopo e ne venga assorbito. L'isotopo nell'urto libererà un fotone rivelabile con un detettore in coincidenza all'emissione dell'elettrone. Considerando il prodotto delle probabilità degli eventi parziali si sono trovati i limiti di energia perchè avvenga l'assorbimento del fotone.

A. ODIAN, G. STOPPINI e T. YAMAGATA (Urbana, Ill.). — Fotoproduzione di pioni neutri e positivi in H_2 dalla soglia a 170 MeV.

Per estendere fino alla soglia lo studio del processo di fotoproduzione di π^0 , è necessario rinunciare alla tecnica delle coincidenze (p, γ) e agire solo sui γ di decadimento del π^0 . A tale scopo si è fatto uso di contatori Čerenkov ad assorbimento totale in coincidenza, disposti da parti opposta della targhetta di H_2 liquido ed a 90° rispetto al fascio dei γ primari. Il numero di coincidenze per unità di monitor e per protone è dato da:

$$Y(E_{\max}) = \int_{E_s}^{E_{\max}} \Phi(E) dE \int \sigma(E, \theta_{\pi^0}) d\Omega_{\pi^0} F(E, \theta_{\pi^0}),$$

dove $\Omega(E) dE$ = numero di fotoni in (E, dE) contenuti nell'unità di superficie trasversale del fascio incidente. E_{\max} = energia massima dello spettro del fascio incidente. E_s = energia di soglia. F = efficienza per la rivelazione di ambedue i γ di decadimento di un π^0 emesso all'angolo θ_{π^0} da un fotone di energia E . F dipende dalla geometria dell'esperimento e dalla cinematica del decadimento dei π^0 . Sono state eseguite misure con diversi valori di E_{\max} da 140 a 170 MeV (soglia 145 MeV) in intervalli di 2.5 MeV. Dalla conoscenza di F e Φ , si ottengono diverse determinazioni di $\sigma(E, \theta_{\pi^0})$, da cui con una estrapolazione si può ricavare il valore alla soglia di $|T_{\pi^+}|^2$, che coincide col termine di rinculo S della soglia. In parallelo è stato eseguito un conteggio degli elettroni originati nella catena $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ da mesoni π^+ fotoprodotti nell'idrogeno liquido, i cui μ^+ sono ridotti in quiete nella targhetta stessa (un cilindro di 10 cm di diametro e 10 cm di altezza). Questa misura, da un lato fornisce un punto di calibrazione dell'energia del betatrone (soglia dei π^+); dall'altro, una volta che i dati siano stati corretti per una funzione di efficienza analoga ad F , dà informazioni sulla sezione d'urto assoluta per la fotoproduzione di π^+ in prossimità della soglia. Da questo si può ricavare (con una estrapolazione) $|T_{\pi^+}|^2$ alla soglia. Dalle determinazioni di $|T_{\pi^+}|^2$ e $|T_{\pi^0}|^2$ alla soglia, si può ricavare una misura della costante di accoppiamento pione-nucleone e del termine di rinculo, indipendente dal rapporto π^-/π^+ . L'elaborazione dei risultati è piuttosto complicata (implica l'uso per molte ore di una calcolatrice elettronica) ed è tuttora in corso. Vengono presentati solo alcuni risultati preliminari.

M. U. PALMA. Vedi pag. 455, 472.

M. B. PALMA-VITTORELLI. Vedi pag. 454, 455.

M. B. PALMA-VITTORELLI, M. U. PALMA e M. SANTANGELO (*Palermo*). — **Sulla struttura elettronica di complessi magnetici: risonanza paramagnetica di monocristalli di $\text{CrCl}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$.**

Nell'ambito del programma di ricerca sui tipi e meccanismi d'interazione nei solidi, intrapreso con l'uso della attrezzatura per la risonanza di spin elettronico, realizzata presso il nostro Istituto, è stato iniziato uno studio sistematico degli ioni paramagnetici soggetti ad «interazioni forti» con i circostanti componenti del reticolo cristallino. Per l'ione Cr^{3+} in complessi ottaedrici, il comportamento magnetico dovrebbe essere poco influenzato dal tipo di interazione a cui esso è soggetto. In effetti, recenti studi degli spettri ottici di complessi $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ confermano che lo stato fondamentale è descritto dalla configurazione $(d\epsilon)^3$. Per contro, gli effetti di una interazione forte sono sensibili nel comportamento magnetico di cristalli contenenti gruppi $[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$. Ci è quindi sembrato di interesse il confronto di tali risultati con quelli ottenibili dalla risonanza paramagnetica dello ione Cr^{3+} circondato da molecole di urea ($\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$). I risultati sperimentali preliminari, che saranno discussi in dettaglio, sono interpretabili in termini della seguente hamiltoniana di spin ($S = \frac{3}{2}$):

$$\mathcal{H} = \beta(g_x H_x S_x + g_y H_y S_y + g_z H_z S_z) + D(S_x^2 - \frac{5}{4} + S_y^2 - \frac{5}{4}) + E(S_x^2 - S_y^2),$$

con $g_x \approx g_y \approx g_z$, $\Delta g = 2.0023 - g$ dell'ordine di $2 \cdot 10^{-2}$, D dell'ordine di $3 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$, ed E piccolo.

M. B. PALMA-VITTORELLI e M. U. PALMA (*Palermo*). — **Sulla struttura elettronica di complessi magnetici: risonanza paramagnetica di monocristalli di $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$.**

Gli studi di risonanza di spin elettronico in cristalli contenenti elementi paramagnetici sono stati rivolti, nella grande maggioranza, ai casi in cui questi ultimi formano complessi con legami interni di natura essenzialmente elettrostatica. Tuttavia anche in questi complessi, le piccole percentuali presenti di legame covalente hanno mostrato notevoli effetti, p. es. per la correlazione tra spettri ottici e spettri magnetici, per l'interpretazione della struttura iperfine, ecc. Abbiamo quindi affrontato uno studio sistematico, proprio di quei complessi in cui i legami con l'ione paramagnetico hanno carattere essenzialmente covalente. Sono qui studiati gli spettri paramagnetici del $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ e del $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ in monocristalli. Le caratteristiche più salienti dei dati sperimentali (che saranno forniti in dettaglio), sono le seguenti: per il sale di nichel, i valori (isotropi) di g sono 2.177 a 300 °K e 2.162₄ a 90 °K (cioè Δg inferiore per $\approx 30\%$ ai valori tipici nei complessi ionici), con una sola riga. Per entrambi i sali il tempo di rilassamento spin-reticolo è notevolmente aumentato. I risultati sperimentali sono in accordo con l'ipotesi di una struttura cubica, non distorta, del gruppo $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, di una sensibile diminuzione di λ e di un aumento della separazione tra gli stati formati con gli orbitali $d\epsilon$ e quelli formati con gli orbitali $d\gamma$. Questi risultati possono essere interpretati, nello schema LCAO assegnando ai «buchi» responsabili di paramagnetismo, le seguenti funzioni d'onda antileganti: $\psi_1 = c_{11}\varphi_{3d_z^2} - c_{12}\chi'_\sigma$, $\psi_2 = c_{21}\varphi_{3d(x^2-y^2)} - c_{22}\chi''_\sigma$, dove le ψ si riferiscono al nichel e le χ al complesso $(\text{NH}_3)_6$. Ciò è in accordo con la interpretazione degli spettri

ottici. In collaborazione con G. FRANCO, sono in corso calcoli sulla struttura elettronica di complessi di questo tipo, mediante il metodo statistico di Thomas-Fermi. Le relative equazioni differenziali saranno risolte numericamente mediante l'utilizzazione del calcolatore elettronico BM 650 del Centro di Calcolo IBM di Milano, presso il quale la programmazione è in atto.

T. PAPA. Vedi pag. 458.

G. PASSATORE. Vedi pag. 445.

G. PASSATORE (Genova) – Sulla depolarizzazione di un fascio di elettroni per scattering multiplo microcoulombiano.

L'effetto depolarizzante dello scattering multiplo microcoulombiano di elettroni nell'attraversamento di una targhetta è stato trattato usando la prima approssimazione di Born. In un precedente lavoro ⁽¹⁾ è stato costruito un operatore che esprime l'azione dello scattering coulombiano sullo stato di polarizzazione di un fascio di elettroni e se ne è ottenuta la dipendenza esplicita dall'angolo di scattering in prima approssimazione di Born. Tale operatore è stato applicato alla trattazione della polarizzazione di un fascio di elettroni nello scattering multiplo microcoulombiano. Per iterazione si è ottenuto un operatore che esprime l'effetto di una successione di scattering sullo stato di polarizzazione e si è dedotta la relazione tra una generica successione di scattering e la corrispondente direzione dello spin degli elettroni nel fascio uscente. Il fascio emergente da una targhetta risulta depolarizzato poichè in esso confluiscono fasci che hanno subito diverse successioni di scattering nel materiale. È possibile ottenere, per integrazione su tutte le possibili direzioni di scattering entro la targhetta, un operatore, che permette direttamente di ottenere lo stato di polarizzazione del complessivo fascio emergente da quello del fascio incidente. Tale integrazione comporta però notevoli difficoltà e non è stata per ora effettuata. Ciò nonostante è possibile compiere stime della depolarizzazione in alcuni casi particolari. Ad esempio, se il fascio incidente è polarizzato trasversalmente si ottiene ad una energia cinetica di 100 keV, un limite superiore del 3 % per la depolarizzazione. Una valutazione della depolarizzazione di un fascio di elettroni polarizzato longitudinalmente è stata recentemente effettuata per altra via da MÜHLSCHLEGEL e KOPPE ⁽²⁾. L'ordine di grandezza della depolarizzazione da loro ottenuto è compatibile con quanto può prevedersi in questo caso dalla presente trattazione.

⁽¹⁾ G. PASSATORE: *Nuovo Cimento*, **6**, 850 (1957).

⁽²⁾ B. MÜHLSCHLEGEL e H. KOPPE: *Zeits. f. Phys.*, **150**, 474 (1958).

G. PAULI. Vedi pag. 454.

P. PERILLO. Vedi pag. 440.

L. E. PICASSO e S. ROSATI (*Pisa*). — Sulla dipendenza dallo spin del potenziale Λ^0 -N.

È stato eseguito il calcolo del rapporto tra le probabilità di decadimento dell'ipertritone nei due canali: ${}^3\text{H}_\Lambda \rightarrow \text{D} + \text{p} + \pi^-$, ${}^3\text{H}_\Lambda \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^-$, nelle ipotesi di spin $\frac{1}{2}$ e spin $\frac{3}{2}$ per l'iperframmento, allo scopo di ottenere informazioni sulla dipendenza dallo spin della interazione Λ^0 -N. La funzione d'onda usata per lo ${}^3\text{H}_\Lambda$ è stata determinata con metodo variazionale. Verranno inoltre presentati risultati concernenti il volume integrale e la sua dipendenza dal range della interazione Λ^0 -N.

M. PIERUCCI (*Modena*). — Una sorgente particolarmente adatta per l'analisi spettroscopica.

Si da notizia di una sorgente spettroscopica, semplicissima, che si presta ai più larghi impieghi, e nella quale non danno più noia quei giochi di « inibizioni » e di « emissioni sensibilizzate », che tanto danneggiano l'analisi spettroscopica con le altre sorgenti. Con l'ausilio del nuovo dispositivo si trova poi che nell'arco elettrico, anche con deboli intensità di corrente, esiste sempre quella colonna ipercontratta, vista già dall'autore molti anni addietro (mandando nell'arco la scarica brusca di un grosso condensatore), e più recentemente veduta da altri sperimentatori, sempre però con intensità di corrente piuttosto notevoli. Tale colonna ipercontratta appare di notevole interesse per la produzione delle altissime temperature.

M. PIGNANELLI. Vedi pag. 457.

G. PISENT e C. VILLI (*Trieste*). — Esame dell'interazione nucleone- α nell'ambito della teoria del range effettivo.

È stata eseguita un'analisi dei dati sperimentali relativi agli scattering neutrone- α e protone- α , fino ad energie dell'ordine dei 10 MeV. Le fasi degli stati S , $P_{\frac{1}{2}}$ e $P_{\frac{3}{2}}$, sono state esaminate, facendo uso della teoria del range effettivo generalizzata al caso di momenti angolari diversi da zero, e al caso in cui si abbia interazione coulombiana. È stata verificata la validità della suddetta approssimazione per gli stati S e $P_{\frac{1}{2}}$, alle basse energie, e si sono ricavati i valori della lunghezza di scattering e del range effettivo, per ambedue i casi p - α ed n - α . Nel caso dell'onda $P_{\frac{3}{2}}$ che, com'è noto, porta un contributo esiguo alla sezione d'urto totale, l'inesattezza dei dati sperimentali rende difficile un'analisi accurata. I risultati, in questo caso spesso contraddittori, sono discussi nell'ambito della teoria del range effettivo. Si dimostra che il valore di $P_{\frac{3}{2}}$ a 2.45 MeV, ricavato da autori russi mediante misure di polarizzazione, è inattendibile.

G. PIZZELLA. Vedi pag. 452.

G. POIANI. Vedi pag. 454, 460.

G. POIANI e I. REINA (Trieste). — Sui fattori di forma elettrodinamici ricavati dallo studio della bremsstrahlung e della creazione di coppie.

Le recenti esperienze sulla diffusione elastica degli elettroni da nucleoni e da nuclei hanno messo in evidenza la possibilità di ottenere informazioni sui fattori di forma nucleari, ma non consentono viceversa di distinguere se nei risultati possa esistere anche un contributo dovuto agli effetti elettrodinamici. Lo studio dei processi di ordine superiore, come la bremsstrahlung e la creazione di coppie, ed il loro confronto con il processo di diffusione elastica consente invece, almeno in linea di principio, di ricavare informazioni sull'influenza che possono esercitare i fattori di forma elettrodinamici. Per tale motivo si sono valutate, seguendo i procedimenti classici, le sezioni d'urto per bremsstrahlung e per creazione di coppie, tenendo conto anche dell'effetto dovuto ai vertici elettrodinamici e si è calcolato il rapporto fra le sezioni d'urto non locale e locale per i due processi in questione. Il rapporto risulta dipendente soltanto dai fattori di forma elettrodinamici, e pertanto un confronto con i dati sperimentali può condurre ad un'indicazione sull'entità dei fattori stessi. I risultati ottenuti vengono esposti e commentati.

E. POLACCO. Vedi pag. 465.

F. POTENZA. Vedi pag. 437, 440.

F. POTENZA (Milano). — Un trasduttore angolo-numero, scrivente, per il micrometro oculare a lama rotante.

Sull'asse di rotazione della lamina di un micrometro a lama rotante è stato montato un disco di vetro con il bordo diviso radialmente da tratti distribuiti in modo tale da correggere la non linearità della legge che lega la rotazione della lamina allo spostamento dell'immagine nel piano oculare. Il primo disco diviso così montato dà una sensibilità di misura di $0.06 \mu\text{m}$. Un sistema fotoelettrico di lettura abbinato ad un contatore elettronico decimale reversibile (contatore updown) dà il numero dei tratti contati dall'azzeramento. Il comando del senso di conteggio è ottenuto per via meccanica. Ogni decade del contatore è costituita da quattro flip-flop e da una rete logica di diodi che ne determinano il funzionamento e il senso di conteggio. L'uscita del contatore comanda uno stampadati.

G. M. PROSPERI e A. SCOTTI (Milano). — Sul limite classico dell'elettrodinamica quantistica.

Partendo dall'osservazione che l'espressione classica e quella quantistica della massa elettromagnetica dell'elettrone sono diverse e che nel caso quantistico si hanno degli effetti peculiari, come ad esempio quelli connessi con la polarizzazione del vuoto e con la rinormalizzazione della carica, ci si propone di riesaminare la corrispondenza tra l'elettrodinamica quantistica e l'elettrodinamica classica. Precisamente si ritiene che, per

quanto riguarda gli effetti dissipativi nel moto di un elettrone in un campo esterno, i risultati della elettrodinamica classica, anche quando le energie in gioco, l'intensità del campo elettromagnetico esterno e la precisione con la quale è definita la posizione dell'elettrone, siano tali da renderne legittima la descrizione classica. A tale scopo si considera uno stato del campo $|\psi(t)\rangle$ che per $t \rightarrow -\infty$ corrisponde ad un solo elettrone, si suppone l'energia di questo e il campo esterno (e il suo gradiente) così deboli che non possa aver luogo la creazione di coppie ma solo emissione di fotoni, e si cerca quindi una equazione differenziale che regoli l'evoluzione temporale della grandezza:

$$\mathbf{q} = \int d_3\mathbf{x} \langle \psi(t) | \mathbf{x} \varrho(\mathbf{x}) | \psi(t) \rangle,$$

($\varrho(\mathbf{x})$ operatore densità di carica); cioè del baricentro della distribuzione di carica nello stato considerato. Nella presente comunicazione si presentano e si discutono i vari problemi che si incontrano nello sviluppo di questo programma e si espongono i risultati finora acquisiti per il caso della approssimazione non relativistica.

W. PÜSCHEL. Vedi pag. 431, 432.

G. QUARENI. Vedi pag. 431, 432.

L. A. RADICATI. Vedi pag. 440, 461.

S. RATTI. Vedi pag. 457.

I. REINA. Vedi pag. 475.

M. REINHARZ. Vedi pag. 463.

A. REPANAI. Vedi pag. 463.

R. RICAMO. Vedi pagl 451, 458.

A. RINDI. Vedi pag. 434.

R. RINZIVILLO. Vedi pag. 458, 461.

B. RISPOLI. Vedi pag. 440.

S. ROSATI. Vedi pag. 474.

C. RUBBIA. Vedi pag. 457.

- C. RUBBIA e G. TORELLI (*Pisa*). — **Dispositivo atto a selezionare nella radiazione cosmica eventuali particelle di massa intorno a 500 m_e.**

Si descrive brevemente l'apparato impiegato per la ricerca di particelle di massa 500 m_e di cui si riferisce in altra comunicazione. Tale apparato consta essenzialmente di una grande Camera di Wilson (contenente 17 lastre di plexiglas di 0.3 cm di spessore) e di un dispositivo per la selezione degli eventi, (basato sull'impiego di contatori di Geiger, scintillatori e contatori di Čerenkov, nonché di un complesso elettronico) che viene illustrato. Si riporta infine una stima del prevedibile contributo di eventi spuri (principalmente dovuti a protoni) in relazione alle caratteristiche strumentali dell'apparato.

- C. RUBBIA e G. TORELLI (*Pisa*). — **Un nuovo tipo di discriminatore differenziale di impulsi rapidi.**

Si descrive un nuovo tipo di analizzatore di impulsi rapidi basato sull'impiego di un tubo a deflessione Philips ESOT (« beam deflection tube »). Se ne mettono in luce le caratteristiche di notevole semplicità e la possibilità di analizzare impulsi con elevata frequenza di ripetizione.

A. RUBBINO. Vedi pag. 461.

W. SABBADINI. Vedi pag. 451.

- L. SACCONI, M. CIAMPOLINI e G. DEL RE (*Palermo*). — **Relazione tra polarizzazione dielettrica e struttura molecolare di alcuni complessi metallici con N-alchilsalicilaldimine.**

Sono state eseguite misure della polarizzazione dielettrica di soluzioni in benzolo e diossano di diversi complessi tetracoordinati del cobalto, nichel, rame e palladio con N-alchilsalicilaldimine. I valori non nulli della differenza fra la polarizzazione totale e quella elettronica per i complessi del nichel e del palladio sono stati attribuiti a polarizzazione atomica; perciò questi complessi devono avere una configurazione trans-planare. Per i complessi del rame che mostrano un valore più elevato della differenza $P_{2\infty} - P_E$ non si può escludere l'esistenza anche di una polarizzazione di orientamento derivante o da una certa percentuale di forme asimmetriche (cis-planari o piramidali) o da una configurazione non planare degli anelli chelati. Il valore della polarizzazione di orientamento per il complesso del cobalto è in accordo con una configurazione tetraedrica. I valori delle costanti di forza apparenti associate con le vibrazioni bending degli anelli chelati aumenta nell'ordine $Cu < Ni < Pd$.

G. A. SALANDIN. Vedi pag. 465.

R. SANNA. Vedi pag. 439.

M. SANTANGELO. Vedi pag. 455, 472.

- E. SARTORI DI BORGORICCO. Vedi pag. 465.
- G. SCOLES. Vedi pag. 444.
- A. SCOTTI. Vedi pag. 475.
- A. SERRA. Vedi pag. 440.
- L. SERTORIO. Vedi pag. 431.
- D. SHALTIEL. Vedi pag. 468.
- S. SIBANI. Vedi pag. 453.
- V. SILVESTRINI. Vedi pag. 441.
- A. SONA. Vedi pag. 457.
- P. H. STOKER. Vedi pag. 441.
- G. STOPPINI. Vedi pag. 467, 471.
- C. SUCCI. Vedi pag. 457.
- S. TAFFARA. Vedi pag. 453.
- N. TALINI. Vedi pag. 434, 438.
- L. TASSARA (*Milano*). — Tecnologia, proprietà, applicazioni delle lamine sottilissime metalliche ottenute mediante vaporizzazioni nel vuoto.**
- Tecnica e tecnologia usate per la realizzazione degli strati sottili mediante evaporazione sotto vuoto di metalli, leghe ed ossidi. Proprietà elettriche, magnetiche, ottiche degli strati sottili ottenuti per evaporazione nel vuoto. Panorama delle applicazioni industriali. Qualche prospettiva per il futuro.
- J. TIETGE. Vedi pag. 431, 432.
- G. TOMASINI. Vedi pag. 457.
- G. TORELLI. Vedi pag. 457, 477.
- M. P. TOSI. Vedi pag. 465.
- R. TOSI. Vedi pag. 441.

E. M. VALLAURI. Vedi pag. 444.

I. VENTURINI. Vedi pag. 454.

P. VERONESI. Vedi pag. 449.

C. VILLI. Vedi pag. 474.

C. VIOLA (*Trieste*). — Perdita di energia e ioni prodotti per centimetro da particelle aventi carica elementare, proiettate attraverso idrogeno liquido, con energia cinetica variante da 0,5 a 100 MeV.

In un lavoro di BUDINI e TAFFARA del 1956 (*) sono ricavate le formule per il valor medio della perdita di energia per cm e per il numero di ioni prodotti per cm in funzione della velocità della particella ionizzante:

$$(1) \quad \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{2\pi e^4 n}{mc^2 \beta^2} \left[\log \frac{BT}{1 - \beta^2} + a^2(1 - \beta^2) - \beta^2 + 2J + \Delta \right],$$

$$(2) \quad \frac{\partial N}{\partial z} = \frac{2\pi e^4 n}{mc^2 \beta^2} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{I'_k}{I_k} - \frac{1}{T} + \int \frac{f(\omega') d\omega'}{\hbar \omega'} \left[\log \frac{BI_1}{\omega'^2 |1 - \beta^2 \varepsilon^x(\omega')|} - \beta^2 \varrho^0 \varepsilon^x(\omega') \right] \right\}.$$

Nel presente lavoro sono state tabulate tali formule per diversi valori di $\beta = v/c$, e costruiti i relativi diagrammi in funzione della corrispondente energia cinetica, nel caso che il mezzo attraversato sia idrogeno liquido (densità = 0.057 g/cm³). Le particelle considerate sono elettroni, positroni e protoni. Si osserva che sia i valori assoluti della perdita di energia che il loro andamento in funzione della velocità della particella ionizzante dipendono sensibilmente sia dalla natura della particella che dalla massima energia trasferibile assunta. Per questa ultima si assume un valore di 6 MeV che permette il confronto delle curve con quelle di un recente lavoro di ORKIN-LECOURTOIS (comunicazione privata). Elettroni e protoni presentano un aumento relativistico di perdita di energia del 3%. I protoni non presentano invece alcun aumento relativistico di perdita di energia, e così pure il numero di ioni primari prodotti. Il diverso comportamento delle due funzioni dipende probabilmente dal contributo crescente con l'energia che l'effetto Čerenkov apporta alla perdita totale di energia. Si sono calcolati inoltre il valore medio della perdita di energia nell'intervallo (1 ÷ 100) MeV, e si sono trovati valori in ottimo accordo con quelli di Orkin-Lecourtois.

(*) P. BUDINI e L. TAFFARA: *Nuovo Cimento*, **4**, 23 (1956).

P. WALOSCHEK. Vedi pag. 441, 447.

T. YAMAGATA. Vedi pag. 471.

L. ZAPPA. Vedi pag. 443.

V. ZOBOLI. Vedi pag. 441, 447.

G. T. ZORN. Vedi pag. 431, 432.

INDICE DEL SUPPLEMENTO

AL VOLUME XI, SERIE X, DEL

NUOVO CIMENTO

Anno 1959

J. E. KASPER - The earth's simple shadow effect on cosmic radiation . . .	pag. 1
M. SCHWARTZ - Penumbra and simple shadow cone of cosmic radiation . . .	» 27
E. L. FEINBERG - Propagation of radio waves along an inhomogeneous surface	» 60
A. MASANI - Le sorgenti di energia nelle stelle	» 92
O. MINAKAWA, Y. NISHIMURA, M. TSUZUKI, H. YAMANOUCHI, H. AIZU, H. HASEGAWA, Y. ISHII, S. TOKUNAGA, Y. FUJIMOTO, S. HASEGAWA, J. NISHIMURA, K. NIU, K. NISHIKAWA, K. IMAEDA and M. KAZUNO - Observation of high energy jets with emulsion chambers. - I. Transverse momentum of the π^0 -meson	» 112
E. PERUCCA - A proposito della « Fisica dei corpi ponderabili » di Amedeo Avogadro	» 154
L. K. PANDIT - Linear vector spaces with indefinite metric	» 157
G. M. RANCOITA - Forze in un corpo polarizzato e magnetizzato.	» 183
V. DE SABBATA - Le reazioni fotonucleari e la risonanza gigante. - II. Le distribuzioni energetiche e angolari dei fotoneutroni e dei fotoprotoni e la struttura fine della risonanza gigante	» 225
Rendiconti dei lavori scientifico-organizzativi e scientifici presentati al XLIV Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica (Palermo, 6-11 Novembre 1958)	» 317

Fine del *Supplemento* al Vol. XI, Serie X
del *Nuovo Cimento*, 1959

PROPRIETÀ LETTERARIA RISERVATA

Direttore responsabile: G. POLVANI

Tipografia Compositori - Bologna

Questo fascicolo del *Supplemento* è stato licenziato dai torchi il 25-VI-1959